

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 09 mars 2001 (09.03.01)	
Demande internationale no PCT/FR00/01803	Référence du dossier du déposant ou du mandataire 341032/18164
Date du dépôt international (jour/mois/année) 28 juin 2000 (28.06.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 28 juin 1999 (28.06.99)
Déposant AGUTTES, Jean-Paul	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:



dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

22 janvier 2001 (22.01.01)



dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection



a été faite



n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI
 34, chemin des Colombettes
 1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé

Kiwa Mpay

no de téléphone: (41-22) 338.83.38

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE BREVETS

PCT

NOTIFICATION DE L'ENREGISTREMENT
D'UN CHANGEMENT(règle 92bis.1 et
instruction administrative 422 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

MARTIN, Jean-Jacques
Cabinet Regimbeau
20, rue de Chazelles
F-75847 Paris Cedex 17
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année) 15 mars 2001 (15.03.01)	NOTIFICATION IMPORTANTE
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 341032/18164	
Demande internationale no PCT/FR00/01803	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28 juin 2000 (28.06.00)

1. Les renseignements suivants étaient enregistrés en ce qui concerne: <input type="checkbox"/> le déposant <input type="checkbox"/> l'inventeur <input checked="" type="checkbox"/> le mandataire <input type="checkbox"/> le représentant commun		
Nom et adresse MARTIN, Jean-Jacques Cabinet Regimbeau 26, avenue Kléber F-75116 Paris FRANCE	Nationalité (nom de l'Etat)	Domicile (nom de l'Etat)
	no de téléphone 01 45 00 92 02	
	no de télécopieur 01 45 00 46 12	
	no de téléimprimeur	
2. Le Bureau international notifie au déposant que le changement indiqué ci-après a été enregistré en ce qui concerne: <input type="checkbox"/> la personne <input type="checkbox"/> le nom <input checked="" type="checkbox"/> l'adresse <input type="checkbox"/> la nationalité <input type="checkbox"/> le domicile		
Nom et adresse MARTIN, Jean-Jacques Cabinet Regimbeau 20, rue de Chazelles F-75847 Paris Cedex 17 FRANCE	Nationalité (nom de l'Etat)	Domicile (nom de l'Etat)
	no de téléphone 33 1 44 29 35 00	
	no de télécopieur 33 1 44 29 35 99	
	no de téléimprimeur	
3. Observations complémentaires, le cas échéant:		
4. Une copie de cette notification a été envoyée: <input checked="" type="checkbox"/> à l'office récepteur <input type="checkbox"/> aux offices désignés concernés <input type="checkbox"/> à l'administration chargée de la recherche internationale <input checked="" type="checkbox"/> aux offices élus concernés <input checked="" type="checkbox"/> à l'administration chargée de l'examen préliminaire international <input type="checkbox"/> autre destinataire:		

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse	Fonctionnaire autorisé: Diana Nissen
no de télécopieur (41-22) 740.14.35	no de téléphone (41-22) 338.83.38

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 341032/18164	POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER	
Demande internationale n° PCT/FR 00/ 01803	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28/06/2000	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 28/06/1999
Déposant CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 2 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'abrégé,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

1

☐ Aucune des figures n'est à publier.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De XXXXXXXXXX Internationale No
PCT/FR 00/01803

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 H01Q1/28 H04B7/185 H04B7/204 H04B7/212		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 H01Q H04B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, PAJ, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 714 778 A (AEROSPATIALE) 7 juillet 1995 (1995-07-07)	1,2
A	abrégé; revendications 1-14; figures 1-3 ---	3-77
X	FR 2 737 627 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE) 7 février 1997 (1997-02-07)	1,2
A	abrégé; revendications 1-10; figures 2,3 ---	3-77
X	EP 0 771 085 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE) 2 mai 1997 (1997-05-02)	1,2
A	abrégé; revendications 1-16; figures 2A-10 ---	3-77
X	GB 2 134 353 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC) 8 août 1984 (1984-08-08)	1,2
A	le document en entier -----	3-77
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>° Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <div style="text-align: center; font-weight: bold;">13 septembre 2000</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <div style="text-align: center; font-weight: bold;">21/09/2000</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Angrabeit, F</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01803

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2714778	A	07-07-1995	US 5615407 A	25-03-1997
FR 2737627	A	07-02-1997	CA 2182444 A	03-02-1997
			JP 9121184 A	06-05-1997
			US 5839053 A	17-11-1998
EP 0771085	A	02-05-1997	FR 2729025 A	05-07-1996
			CA 2166366 A	03-07-1996
			CA 2193573 A	03-07-1996
			EP 0720308 A	03-07-1996
			JP 10004377 A	06-01-1998
			JP 8265240 A	11-10-1996
			US 5765098 A	09-06-1998
GB 2134353	A	08-08-1984	FR 2539102 A	13-07-1984
			US 4691882 A	08-09-1987

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

REC'D 31 MAY 2001

WIPO PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)



Référence du dossier du déposant ou du mandataire 341032/18164	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR00/01803	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28/06/2000	Date de priorité (jour/mois/année) 28/06/1999
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01Q1/28		
Déposant CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES et al.		

- Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
- Ce RAPPORT comprend 4 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☐ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent feuilles.

- Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 22/01/2001	Date d'achèvement du présent rapport 29.05.2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Marot-Lassauzaie, J N° de téléphone +49 89 2399 2671 

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/01803

I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

Description, pages:

1-50 version initiale

Revendications, N°:

1-77 version initiale

Dessins, feuilles:

1/3-3/3 version initiale

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/01803

- ☐ de la description, pages :
- ☐ des revendications, n°s :
- ☐ des dessins, feuilles :

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-77
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-77
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-77
	Non : Revendications

2. Citations et explications
voir feuille séparée

Concernant le point V

Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui d cette déclaration

1. L'objet de l'invention est, en substance, un système de satellites utilisant une antenne à réflecteur (ou lentille) dans lequel la source et le réflecteur sont portés par deux satellites différents.
2. Un tel système est inconnu de l'art antérieur disponible:
FR-A-2 714 778 s'intéresse à la communication inter-satellites, mais le satellite 2 ne peut être considéré comme "illuminé", la fréquence inter-satellites étant différente de la fréquence sol.
FR-A-2 737 627 utilise la diversité spatiale pour communiquer avec des utilisateurs mobiles. Les satellites DSR ne peuvent être considérés comme illuminateurs du satellite principal.
EP-A-0 771 085 ne s'intéresse pas à la communication inter-satellite.
GB-A-2 134 353 utilise un satellite supplémentaire pour la communication à l'intérieur d'un groupe de satellites. Il n'y a pas "illumination".
3. Afin de permettre de mieux cerner l'invention dans la revendication 1 et d'exclure toute tentative d'interprétation dans le sens des documents de l'art antérieur, il est suggéré de préciser que les signaux sont réémis sans changement de fréquence.

Concernant le point VIII**Observations relatives à la demande internationale**

Les caractéristiques figurant dans les revendications ne comportent pas de signes de référence mis entre parenthèses (règle 6.2 b) PCT).

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demr Internationale No

PCT/FR 00/01803

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01Q1/28 H04B7/185 H04B7/204 H04B7/212

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01Q H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 714 778 A (AEROSPATIALE) 7 juillet 1995 (1995-07-07)	1,2
A	abrégé; revendications 1-14; figures 1-3	3-77
X	FR 2 737 627 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE) 7 février 1997 (1997-02-07)	1,2
A	abrégé; revendications 1-10; figures 2,3	3-77
X	EP 0 771 085 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE) 2 mai 1997 (1997-05-02)	1,2
A	abrégé; revendications 1-16; figures 2A-10	3-77
X	GB 2 134 353 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC) 8 août 1984 (1984-08-08)	1,2
A	le document en entier	3-77

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 septembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/09/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Angrabeit, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem. Internationale No

PCT/FR 00/01803

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2714778 A	07-07-1995	US 5615407 A	25-03-1997
FR 2737627 A	07-02-1997	CA 2182444 A	03-02-1997
		JP 9121184 A	06-05-1997
		US 5839053 A	17-11-1998
EP 0771085 A	02-05-1997	FR 2729025 A	05-07-1996
		CA 2166366 A	03-07-1996
		CA 2193573 A	03-07-1996
		EP 0720308 A	03-07-1996
		JP 10004377 A	06-01-1998
		JP 8265240 A	11-10-1996
		US 5765098 A	09-06-1998
GB 2134353 A	08-08-1984	FR 2539102 A	13-07-1984
		US 4691882 A	08-09-1987

PATENT COOPERATION TREATY

From: THE INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINING AUTHORITY

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Rule 71.1)

To:

MARTIN, Jean-Jacques
Cabinet Regimbeau
20, rue de Chazelles
F-75116 Paris
France

Date of mailing
(day/month/year) 29.05.2001

Applicant's or agent's file reference
341032/18164

IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.
PCT/FR00/01803

International filing date (day/month/year)
28/06/2000

Priority date (day/month/year)
28/06/1999

Applicant
CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES et al.

1. The applicant is hereby notified that the International Preliminary Examining Authority has drawn up the international preliminary examination report on the international application and herewith transmits it, accompanied by its annexes, if any.
2. A copy of the report and its annexes, if any, is being transmitted to the International Bureau for communication to all the elected offices.
3. Where required by any of the elected offices, the International Bureau will prepare an English translation of the report (but not of any annexes) and will transmit it to the interested offices.
4. **REMINDER**

The applicant must enter the national phase before each elected office by performing certain acts (filing translation and paying national fees) within 30 months from the priority date (or later in some offices) (article 39.1)(see also the reminder sent by the International Bureau with Form PCT/IB/301).

Where a translation of the international application must be furnished to an elected office, that translation must contain a translation of any annexes to the international preliminary examination report. It is the applicant's responsibility to prepare and furnish such translation directly to each elected office concerned.

For further details on the applicable time limits and requirements of the elected Offices, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

Name and mailing address of the International Preliminary Examining Authority



European Patent Office
D-80298 Munich
Tel +49 89 2399 - 0 Tx 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Authorized officer

Bapisch, A

Tel. +49 89 2399-2262



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)



Applicant's or agent's file reference 341032/18164	FOR FURTHER ACTION	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416).
International application No. PCT/FR00/01803	International filing date (day/month/year) 28/06/2000	Priority date (day/month/year) 28/06/1999
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01Q1/28		
Applicant CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES et al.		

1. This international preliminary examination report, prepared by the International Preliminary Examining Authority is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of 4 sheets, including this cover sheet.
- ☐ This report is accompanied by ANNEXES, i.e. sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before the International Preliminary Examination Authority (see Rule 70.16 and section 607 of the Administrative Instructions of the PCT).

These annexes consist of sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive activity and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive activity or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Irregularities in the international application
- VIII ☐ Observations on the international application

Date of submission of the international preliminary examination application 22/01/2001	Date of completion of this report 29.05.2001
Name and mailing address of the International Preliminary Examining Authority  European Patent Office D-80298 Munich Tel +49 89 2399 - 0 Tx 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Authorized officer Marot-Lassauzaie, J. Telephone No. +49 89 2399 2671 

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No. PCT/FR00/01803

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application (*replacement sheets which have been furnished to the receiving office in response to an invitation under Article 14 are treated in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments (Rules 70.16 and 70.17)*):

Description, pages:

1-50 as originally filed

Claims, No.:

1-77 as originally filed

Drawings, sheets:

1/3-3/3 as originally filed

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this authority in the following language: , which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rules 55.2 or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application (where applicable), the preliminary international examination was drawn on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application, in written form.
- ☐ filed with the international application, in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this authority, in written form.
- ☐ furnished subsequently to this authority, in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the application as filed, has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing, has been furnished.

4. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages:
- ☐ the claims, Nos.:
- ☐ the drawings, sheets:

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated hereafter (Rule 70.2(c)).

(Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report)

6. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive activity or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty	Yes:	Claims	1-77
	No:	Claims	
Inventive activity	Yes:	Claims	1 -77
	No:	Claims	
Industrial applicability	Yes:	Claims	1 -77
	No:	Claims	

**2. Citations and explanations
see separate sheet**

Regarding item V

Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive activity or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. The object of the invention is, in substance, a satellite system using an antenna with a reflector (or lens) in which the source and the reflector are borne by two different satellites.
2. Such a system is unknown to available prior art:
FR-A-2 714 778 concerns inter-satellite communication, but satellite 2 cannot be considered as "illuminated", since the inter-satellite frequency is different from the ground frequency.
FR-A-2 737 627 uses spatial diversity to communicate with mobile users. DSR satellites cannot be regarded as illuminators of the main satellite.
EP-A-0 771 085 is not concerned with inter-satellite communication.
GB-A-2 134 353 uses an additional satellite for communication within a group of satellites. There is no "illumination".
3. In order to better delimit the invention in claim 1 and exclude any attempt at interpreting in the meaning of prior art documents, it is suggested to specify that the signals are retransmitted without any change in frequency.

Regarding item VIII

Observations on the international application

The characteristics appearing in the claims do not contain reference signs placed between parentheses (PCT Rule 6.2 b)).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/01803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01Q1/28 H04B7/185 H04B7/204 H04B7/212

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 714 778 A (AEROSPATIALE) 7 July 1995 (1995-07-07)	1,2
A	abstract; claims 1-14; figures 1-3	3-77
X	FR 2 737 627 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE) 7 February 1997 (1997-02-07)	1,2
A	abstract; claims 1-10; figures 2,3	3-77
X	EP 0 771 085 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE) 2 May 1997 (1997-05-02)	1,2
A	abstract; claims 1-16; figures 2A-10	3-77
X	GB 2 134 353 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC) 8 August 1984 (1984-08-08)	1,2
A	the whole document	3-77

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"8" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2000

Date of mailing of the international search report

21/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angrabeit, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01803

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2714778	A	07-07-1995	US 5615407 A	25-03-1997
FR 2737627	A	07-02-1997	CA 2182444 A	03-02-1997
			JP 9121184 A	06-05-1997
			US 5839053 A	17-11-1998
EP 0771085	A	02-05-1997	FR 2729025 A	05-07-1996
			CA 2166366 A	03-07-1996
			CA 2193573 A	03-07-1996
			EP 0720308 A	03-07-1996
			JP 10004377 A	06-01-1998
			JP 8265240 A	11-10-1996
			US 5765098 A	09-06-1998
GB 2134353	A	08-08-1984	FR 2539102 A	13-07-1984
			US 4691882 A	08-09-1987

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 janvier 2001 (04.01.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/01515 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷: H01Q 1/28,
H04B 7/185, 7/204, 7/212

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement): AGUTTES,
Jean-Paul [FR/FR]; 11, rue Paul Bely, F-31100 Toulouse
(FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/01803

(22) Date de dépôt international: 28 juin 2000 (28.06.2000)

(74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet
Regimbeau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).

(25) Langue de dépôt: français

(81) États désignés (national): CA, JP, US.

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:

99/08223 28 juin 1999 (28.06.1999) FR
00/01130 28 janvier 2000 (28.01.2000) FR

(84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE).

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US): CEN-
TRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES [FR/FR]; 2,
place Maurice Quentin, F-75001 Paris (FR).

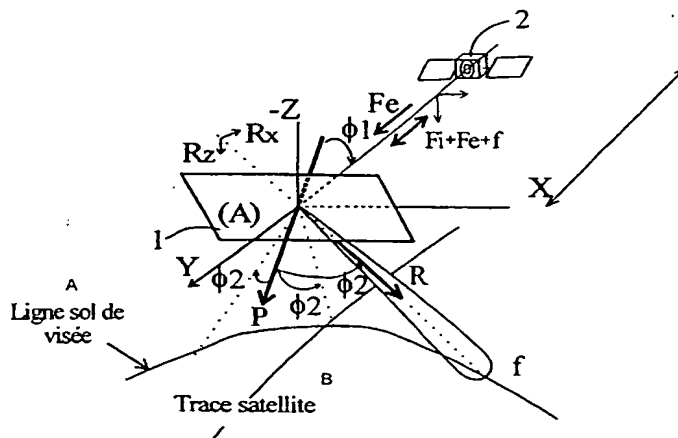
Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SYSTEM COMPRISING A SATELLITE WITH RADIOFREQUENCY ANTENNA

(54) Titre: SYSTEME COMPORTANT UN SATELLITE A ANTENNE RADIOFREQUENCE



A...GROUND LINE AIMED AT
B...SATELLITE TRACK

(57) Abstract: The invention concerns a system comprising a radiofrequency antenna stationed in an orbit around the earth, and illuminating means for transmitting and/or receiving likewise orbiting round the earth located on at least a satellite separate from the one bearing the antenna, the antenna being located in the illuminating field of said means. The invention is characterised in that the antenna is a radiofrequency antenna formed by a mesh generation of tiles and phase-shifting means connected thereto, the signals received by the tiles passing through the phase-shifting means before being assembled on said tiles, said phase-shifting and/or delaying means being capable of diverting the radiofrequency signals corresponding to one or several channels transmitted by the illuminating means to send them to the earth along one or several beams and/or of diverting the radiofrequency signals corresponding to one or several beams transmitted from the earth to send them to the illuminating means along one or several channels.

[Suite sur la page suivante]

WO 01/01515 A1



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé: Système comportant une antenne radio-fréquence placée sur une orbite autour de la terre, ainsi que des moyens illuminateurs d'émission et/ou de réception également en orbite autour de la terre situés sur au moins un satellite distinct de celui portant l'antenne, l'antenne se trouvant dans le champ d'illumination desdits moyens, caractérisé en ce que l'antenne est une antenne radiofréquence formée d'un maillage de pavés et de moyens de déphasage reliés à ceux-ci, les signaux reçus par les pavés transitant par les moyens de déphasage avant d'être réunis sur lesdits pavés, ces moyens de déphasage et/ou de retard étant aptes à dévier les signaux radio-fréquence correspondant à un ou plusieurs canaux émis par les moyens illuminateurs pour les renvoyer vers la terre selon un ou plusieurs faisceaux et/ou à dévier les signaux radio-fréquence correspondant à un ou plusieurs faisceaux émis de la terre pour les renvoyer vers les moyens illuminateurs selon un ou plusieurs canaux.

SYSTEME COMPORTANT UN SATELLITE A ANTENNE RADIOFREQUENCE

La présente invention est relative à un système comportant un
5 satellite à antenne radiofréquence.

DOMAINE GENERAL ET ETAT DE LA TECHNIQUE

L'invention concerne de façon générale toutes les applications
10 satellites nécessitant de grandes antennes radiofréquences
(télécommunications, radionavigation, écoute, observations RF active ou
passive, etc.), quelque soit l'orbite (basse ou géostationnaire) utilisée.

Il a déjà été proposé une structure de satellite dans laquelle
l'antenne radio-fréquence est utilisée pour se comporter comme une lentille
15 radioélectrique par rapport à un cornet d'émission ou de réception radio-
fréquence qui est également porté par le satellite et qui est situé au nadir de
ladite antenne et à une certaine distance de celle-ci.

A la réception comme à l'émission, le rôle de l'antenne y est de
focaliser les signaux RF qu'elle reçoit, sur le cornet ou vers la terre.

20 Une telle structure de satellite permet une forte tolérance aux
déformations de l'antenne, pourvu toutefois que le faisceau d'antenne reste
dans une direction proche de celle de l'illumination d'émission ou de
réception du cornet ou bien que l'éloignement de la source soit grand par
rapport aux dimensions de l'antenne.

25 On comprend qu'une telle structure de satellite est d'un intérêt très
limité pour de très grandes antennes car il faut alors placer le cornet au bout
d'un très grand mât.

PRESENTATION DE L'INVENTION

30

Un but de l'invention est de proposer un système à satellite à
antenne radio-fréquence qui ne soit pas limité par la taille des antennes et
qui permette une forte tolérance aux déformations.

La solution selon l'invention est un système comportant une antenne radio-fréquence placée sur une orbite autour de la terre, ainsi que des moyens illuminateurs d'émission et/ou de réception également en orbite autour de la terre situés sur au moins un satellite distinct de celui portant
5 l'antenne, l'antenne se trouvant dans le champ d'illumination desdits moyens, caractérisé en ce que l'antenne est une antenne radiofréquence formée d'un maillage de pavés, cette antenne comportant des moyens de déphasage et/ou de retard reliés à ces pavés, les signaux reçus par les pavés transitant par les moyens de déphasage et/ou de retard avant d'être
10 réémis sur lesdits pavés, ces moyens de déphasage et/ou de retard étant aptes à dévier les signaux radio-fréquence correspondant à un ou plusieurs canaux émis par les moyens illuminateurs pour les renvoyer vers la terre selon un ou plusieurs faisceaux et/ou à dévier les signaux radio-fréquence correspondant à un ou plusieurs faisceaux émis de la terre pour les
15 renvoyer vers les moyens illuminateurs selon un ou plusieurs canaux.

De cette façon, les signaux sont réunis sans aucunement avoir été centralisés dans l'antenne.

L'invention concerne également un système dont les moyens illuminateurs sont portés par au moins un satellite sensiblement sur la
20 même orbite que celui portant l'antenne.

L'antenne fonctionne comme un prisme qui dévie les signaux pour assurer un rayonnement plutôt vertical (vers la terre) à partir d'une illumination horizontale (quand les moyens illuminateurs sont sensiblement sur la même orbite).

25 L'invention est avantageusement complétée par les différentes caractéristiques suivantes, prises seules ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- l'antenne radiofréquence est sensiblement plane, les signaux transitant d'une face à l'autre de ladite antenne et pour au moins un canal et un sens
30 de trajet, il correspond, à une direction d'illumination selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne, un cône de visées dites d'autocompensation vers et depuis la terre définies par une incidence commune sur le plan de l'antenne, dite

- incidence d'autocompensation (l'incidence d'une direction étant l'angle que fait cette direction avec la normale au plan de l'antenne), les visées d'autocompensation étant telles que les déformées de l'antenne transversalement au plan général de l'antenne et les erreurs d'attitude de
- 5 l'antenne autour de tout axe contenu dans ledit plan sont sensiblement sans effet sur ces mêmes signaux déviés vers ou depuis cette visée d'autocompensation et d'effet réduit dans les directions de visée voisines ;
- chaque pavé comporte au moins une portion centrale, unique pour un canal donné et un sens de trajet, reliée par des moyens de regroupement
 - 10 et/ou éclatement d'une part en amont sur le trajet à au moins un point de réception des signaux et d'autre part en aval à au moins un point d'émission des signaux et des moyens pour appliquer les déphasages et ou retard entre les points d'émission et de réception afin d'assurer la déviation sont appliqués sur la portion centrale pour ce qui concerne le retard et le
 - 15 déphasage commun et sur les branches pour ce qui concerne le retard et ou déphasage différentiel ;
 - il comporte des moyens permettant de faire varier les déphasages et/ou retards appliqués sur les différents trajets ;
 - au moins une partie des moyens de liaison entre le ou les points de
 - 20 réception et le ou les points d'émission est commune à différents canaux et des moyens permettant de discriminer ces différents canaux sont disposés au niveau d'au moins une jonction entre une portion de trajet commun et des portions de trajets spécifiques ;
 - l'antenne comporte des moyens pour traduire la fréquence des signaux
 - 25 lors de leur déviation, pour au moins un canal et un trajet ;
 - pour au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent la même fréquence avant et après l'antenne ;
 - pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis
 - 30 l'antenne et au moins un sens de trajet, l'incidence d'autocompensation est égale à l'incidence de la direction d'illumination ;

- pour au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent une fréquence distincte avant et après l'antenne et la fréquence de translation utilisée n'est pas issue de signaux reçus sur une des faces du pavé ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des
5 moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, le cosinus de l'incidence de la visée d'autocompensation et le cosinus de l'incidence de la direction d'illumination sont sensiblement dans le rapport des fréquences centrales du canal côté illumination et côté terre ;
- 10 - selon au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent une fréquence distincte avant et après l'antenne et la fréquence de translation est issue d'un signal de translation dit externe reçu par une face du pavé ;
- selon au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent une fréquence distincte avant et après l'antenne et la translation de fréquence
15 résulte ou est équivalente à deux translations consécutives, dont une qui est dite externe et dont la fréquence de translation, appelée F_e , est issue d'un signal de translation externe reçu par une face du pavé et dont l'autre qui est dite interne et qui est de fréquence de translation F_i , est sans référence à un signal reçu par l'une ou l'autre des faces du pavé ;
- 20 - les moyens illuminateurs comportent une pluralité de sous-ensembles illuminateurs et différents signaux d'un même canal émis vers la pluralité des sous-ensembles illuminateurs ou issus de celle-ci se répartissent entre la terre et l'antenne selon une pluralité de faisceaux d'émission et/ou de réception dont la géométrie angulaire vue de l'antenne correspond
25 sensiblement à la géométrie angulaire relative selon laquelle sont vus depuis l'antenne les différents sous-ensembles illuminant ce canal, cette géométrie étant le cas échéant modifiée par une anisotropie ;
- les moyens illuminateurs comportent une pluralité de sous-ensembles illuminateurs et , pour un canal donné pour lequel l'antenne met en œuvre
30 une translation de fréquence, les différents signaux émis vers la pluralité des sous-ensembles illuminateurs ou issus de celle-ci se répartissent selon une pluralité de faisceaux d'émission et/ou de réception vers la terre dont la géométrie angulaire vue de l'antenne correspond sensiblement à la

- géométrie angulaire relative selon laquelle sont vus depuis l'antenne les différents sous-ensembles illuminant ce canal, après multiplication de tous les écarts angulaires par le rapport des fréquences centrales du canal côté illuminateur et côté terre, cette géométrie étant le cas échéant modifiée par
- 5 une anisotropie ;
- le signal de translation externe utilisé selon au moins un canal est émis par les moyens illuminateurs et reçu par la face de l'antenne qui est du côté de l'illumination, et dans le cas où les moyens illuminateurs sont répartis en sous-ensembles illuminateurs, le signal de translation externe est émis par
- 10 un sous-ensemble appelé foyer, éventuellement limité à cette fonction ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs émettent des signaux vers l'antenne tout en émettant le signal de translation externe, le cosinus de l'incidence d'autocompensation et le cosinus de l'incidence de la direction d'illumination
- 15 sont sensiblement dans le rapport $(f + F - F_e) / f$ où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe, et F est la totalité de la translation de fréquence, et dans le cas où les moyens d'illumination sont répartis en sous-ensembles, l'écart d'incidence entre l'illumination considérée et le foyer est sensiblement reproduit dans l'écart entre les
- 20 incidences d'autocompensation correspondant à l'illumination et celles qui correspondraient au foyer, moyennant les termes multiplicatifs $(f+F/f)$ et $(\sin(\phi_1)/\sin(\phi_2))$ où ϕ_1 est l'angle d'incidence d'illumination du foyer et ϕ_2 l'angle d'incidence d'autocompensation qui en résulterait si le foyer émettait ;
- 25 - F_e et F sont de même signe, c'est à dire portent sur des changements de fréquence de même sens ;
- un signal de translation externe utilisé selon au moins un canal à la réception est reçu par la face du pavé selon laquelle se fait la réception et est émis d'un point sol appelé foyer sol ;
- 30 - un signal de translation externe utilisé selon au moins un canal à la réception est reçu par la face du pavé selon laquelle se fait la réception et est émis par au moins un satellite sensiblement sur la même orbite que l'antenne et les moyens illuminateurs, ce satellite étant disposé par rapport

à l'antenne du côté opposé aux moyens illuminateurs, les moyens d'émission du signal étant appelés foyer opposé ;

- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, l'angle de l'incidence d'autocompensation est sensiblement égal à $\phi_2 + (\cos(\phi_2) (f + F_e) - \cos(\phi_1) (F + f)) / \sin(\phi_2) f$ où ϕ_1 et ϕ_2 sont l'angle d'incidence de la direction d'illumination et celui du signal de translation externe, f la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe, et F est la totalité de la translation de fréquence ;
- 10 - F_e et F sont de même signe, c'est à dire portent sur des changements de fréquence de même sens ;
- pour au moins un canal utilisé à l'émission et à la réception, la fréquence F_e est égale à la fréquence F pour les deux trajets et au moins un foyer sol est au voisinage d'une visée d'autocompensation d'émission correspondant
- 15 à ces moyens illuminateurs ;
- pour au moins un canal utilisé à l'émission et à la réception, l'attitude de l'antenne, ainsi que les fréquences F_i et F_e à la fois à l'émission et à la réception, sont telles que les visées d'autocompensation sont identiques sur les deux trajets en dépit du non-alignement du foyer opposé avec les
- 20 moyens illuminateurs utilisés en réception, ou en dépit de l'éloignement entre le foyer sol et le centre de la zone à couvrir ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, la translation de fréquence F_e se fait à partir du signal externe reçu par la face d'illumination et l'incidence d'autocompensation est telle que $\cos(\phi_2) / \cos(\phi_1) = (f + F_e + F) / f$
- 25 où ϕ_1 et ϕ_2 sont l'angle d'incidence de la direction d'illumination et l'angle de l'incidence d'autocompensation, f étant la fréquence côté terre, F_e la valeur de la translation externe, F la totalité de la translation de fréquence ;
- F_e et F sont de signes contraires, c'est à dire que la translation externe F_e
- 30 est de sens opposé à la translation totale F ;
- pour au moins un canal utilisé à la réception $|F_e| = |F|$ et $F_i = 2|F|$;

- pour au moins un canal utilisé à l'émission et à la réception, $|F_e| = |F_i|$ et $F_i = 2|F|$ pour la réception et $F_e = F$ pour l'émission et les visées d'autocompensation sont sensiblement identiques sur les deux trajets ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des
5 moyens illuminateurs reçoivent des signaux, la translation F_e se fait à partir du signal externe reçu par la face d'illumination et est de même sens que la translation totale F , $F = F_e$ et en ce que l'incidence d'autocompensation est donnée par $\phi_2 - \phi_1 = -2 \text{Ctg}(\phi_1) F/f$ où ϕ_1 et ϕ_2 sont l'angle d'incidence de la
10 direction d'illumination et l'angle de l'incidence d'autocompensation f étant la fréquence côté terre, F_e la valeur de la translation, F la totalité de la translation de fréquence ;
- l'attitude de l'antenne est telle que l'écart angulaire entre l'ensemble des visées possibles et les visées d'auto-compensation soit globalement minimisé ;
- 15 - l'attitude et la ou les fréquences de translation F_e ou F_i sont telles que l'écart angulaire entre l'ensemble des visées possibles et les visées d'auto-compensation soit globalement minimisé ;
- l'attitude et la ou les fréquences de translation F_e ou F_i sont telles que les résidus d'autocompensation soient répartis sur les deux trajets ;
- 20 - l'antenne comporte des moyens pour mettre en œuvre des translations de fréquences différentes sur les signaux radio-fréquence émis ou reçus selon des canaux distincts ;
- les moyens de déphasage et/ou retard sont commandés de façon à maintenir inchangé l'orientation dans le repère lié à l'antenne d'un faisceau
25 correspondant à un canal en dépit des modifications de l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'illumination utilisée par le faisceau ;
- les moyens de déphasage et/ou retard sont commandés de façon à maintenir inchangée l'orientation dans le repère lié à l'antenne d'une direction de faisceau éventuellement virtuel correspondant à une direction
30 d'illumination éventuellement virtuelle repérée par rapport aux directions d'illumination d'un canal ;

- la direction du faisceau, éventuellement virtuel, sur lequel porte la compensation est choisie de manière à minimiser l'écart angulaire maximal entre ce faisceau et le faisceau ou l'ensemble des faisceaux du canal et le pas, compté à la longueur d'onde de la fréquence centrale du canal côté terre, entre les points centraux utilisés par le canal est établi en fonction de cet écart angulaire maximal et du niveau tolérable des lobes de sous-réseaux accompagnant le ou les faisceaux du canal ;
- il comporte des moyens pour commander les moyens de déphasage et/ou de retard de façon à maintenir inchangée la direction dans le repère terrestre d'au moins un faisceau d'au moins un canal en dépit des modifications d'attitude de l'antenne et des modifications qui en résultent concernant l'orientation dans le repère lié à l'antenne des directions d'illuminations ;
- le satellite qui porte l'antenne et au moins un satellite portant des moyens d'illumination comportent des moyens pour déterminer l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'illumination ;
- le satellite qui porte l'antenne et au moins un satellite portant des moyens d'illumination comportent des moyens pour déterminer l'orientation dans le repère terrestre de l'axe les joignant ;
- l'orientation de la direction d'illumination dans le repère lié à l'antenne est déterminé à partir de la connaissance de l'attitude de l'antenne et de l'orientation dans le repère terrestre de l'axe les joignant ;
- l'antenne comporte des moyens pour comparer les phases et/ou retards d'au moins un signal émis par les moyens illuminateurs et reçu en différents points de l'antenne et des moyens pour déterminer en fonction de cette comparaison l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'arrivée du ou des signaux ;
- l'attitude en lacet et/ou tangage de l'antenne est déterminée à partir de la connaissance de l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'arrivée du ou des signaux et de l'orientation dans le repère terrestre de cette direction d'arrivée ;
- un satellite qui porte des moyens illuminateurs comporte des moyens pour se localiser ou des moyens de réception de signaux de radiolocalisation,

ainsi que des moyens pour transmettre les informations de localisation ou les signaux de radiolocalisation qu'elle reçoit au satellite qui porte l'antenne, ce dernier comportant des moyens pour déterminer en fonction notamment de ces informations l'orientation dans le repère terrestre de l'axe joignant

5 les deux satellites ;

- la direction d'illumination virtuelle repérée est celle d'un sous-ensemble illuminateur qui émet le signal de mesure, et la mesure donne directement l'information nécessaire à la compensation ;

- des sous-ensembles illuminateurs sont sur un même satellite ;

10 - des sous-ensembles illuminateurs sont décalés les uns par rapport aux autres sur une orbite commune ;

- des orbites de sous-ensembles illuminateurs présentent des écarts d'ellipticité et/ou de plan d'orbite ;

15 - sur un retard de portion centrale transite ensemble au moins un canal et la raie de translation, ou une référence qui permet de la créer, utilisée pour baisser la fréquence du ou des canaux en aval du retard, de façon à limiter les impacts des imperfections du retard sur la phase du signal dévié ;

- une translation descendante est réalisée sur un canal ou plusieurs canaux en amont du retard de portion centrale ;

20 - une telle translation descendante est suivie d'une translation montante après le retard utilisant une référence n'ayant pas subie ce retard, de façon à limiter les impacts des imperfections du retard sur la phase du signal dévié ;

25 - le retard sur la portion centrale est commun à au moins deux canaux sur au moins un sens de trajet ;

- la translation de fréquence est réalisée, sur au moins un canal et un trajet, dans la portion centrale ;

30 - dans une application à la transmission de télécommunications, il comporte une pluralité de canaux, ainsi qu'une pluralité de sous-ensembles illuminateurs, la mosaïque des faisceaux au sol étant constituée par le motif fin généré par l'antenne du fait de la géométrie angulaire selon laquelle les sous-ensembles illuminateurs sont vus par celle-ci, répété selon un motif large qui est généré par l'antenne du fait des différents canaux ;

- les sous-ensembles illuminateurs illuminant un même canal sont vus de l'antenne suivant une géométrie angulaire relative stable à l'exception d'une rotation sur elle-même à la période orbitale et la pluralité de directions assurée par le motif large du canal précessionne grâce aux moyens de
5 déphasage et/ou retard autour d'une direction centrale et ce en phase avec la rotation du motif fin de façon à ce que la mosaïque d'ensemble des faisceaux garde une structure stable, mise à part une rotation sur elle-même à l'échelle orbitale ;
- l'orbite des satellites est une orbite basse et l'antenne s'étend
10 sensiblement dans un plan qui passe par le centre de la terre, en ce qu'un décalage du plan par rapport au plan d'orbite permet l'illumination sur une face, en ce que sur l'autre face au moins un des faisceaux est dépointé pour voir la terre. ;
- les déphasages et les retards sont tels que le décalage des sous-
15 ensembles illuminateurs se traduit par des faisceaux à empreintes au sol décalées transversalement par rapport à la trace ;
- au moins deux satellites antenne utilisent des moyens illuminateurs communs ;
- au moins deux satellites antennes sont situés d'un même côté, le long de
20 l'orbite, des moyens illuminateurs, et sont décalés sur la même orbite ou sont décalés en ellipticité et/ou plan d'orbite ;
- au moins deux satellites antennes sont de part et d'autre des moyens illuminateurs.
- un satellite antenne porte des moyens illuminateurs destinés à un autre
25 satellite antenne ;
- un satellite prisme porte des moyens illuminateurs destinés à un autre satellite prisme et est illuminé par des moyens illuminateurs portés par un satellite prisme ;
- l'axe normal à l'antenne est sensiblement dans le plan de l'orbite, le
30 tangage étant tel que le cône de visée d'auto-compensation rencontre la terre selon une ligne d'auto-compensation s'étirant globalement transversalement à l'orbite et le déplacement au sol, sensiblement le long de la projection de l'orbite, de la ligne d'auto-compensation est réalisé par le

déplacement du satellite et/ou par le changement du tangage de l'axe d'antenne et/ou le changement de la fréquence de translation dans le cas où celle-ci est assurée au moins par un signal interne, ces trois moyens pouvant être utilisés séparément ou en combinaison ;

- 5 - les visées sol sont réparties en fauchée le long de la ligne d'auto-compensation de sorte que les contraintes de déformation de l'antenne sont très relâchées ;
 - des moyens illuminateurs reçoivent directement de la terre des signaux également reçus via l'antenne et une corrélation entre les deux voies
- 10 d'arrivée des signaux réalise une discrimination de visée de la source de ces signaux fonction de l'angle que la direction d'arrivée des signaux fait avec l'axe antenne/moyens illuminateurs ;
 - le déplacement au sol, sensiblement le long de la projection de l'orbite, de la zone de visée discriminée par la corrélation est réalisée par le
- 15 déplacement du satellite et/ou par le changement de l'angle de discrimination ;
 - l'antenne présente dans une direction une dimension plus importante que dans les autres directions, ce qui assure pour au moins un faisceau l'étroitesse de l'empreinte au sol dans une direction transversale à l'orbite ;
- 20 - une imagerie du sol selon deux composantes croisées est obtenue en combinant la corrélation et un balayage du faisceau ;
 - il comporte des moyens pour réaliser les visées au sol à partir d'un balayage électronique d'un faisceau selon une commande mono-dimensionnelle et la grande dimension de l'empreinte du faisceau, qui
- 25 résulte de la petite dimension de l'antenne, est le long de l'orbite et permet de recouvrir la ligne d'auto-compensation pour toutes position du faisceau, en dépit de la courbure de cette ligne et du caractère mono-dimensionnel de la commande de balayage ;
 - l'antenne est allongée le long de l'axe tangage ;
- 30 - l'antenne est allongée le long de l'axe lacet ;
 - l'antenne dispose de moyens pour mesurer ou reconstituer la déformée (ΔP) transversale au plan de l'antenne ;

- l'antenne comporte des moyens pour comparer les phases et/ou retards d'au moins un signal émis par les moyens illuminateurs et reçu en différents points de l'antenne et des moyens pour déterminer en fonction de cette comparaison la déformée (ΔP) transversale au plan de l'antenne ;
- 5 - pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, une correction de déformée est réalisée par variation du déphasage de valeur $\Delta P (2\pi f/C) (\cos(\phi_2) - \cos(\phi_1))$ au niveau d'au moins une des portions centrales, où ϕ_1 est l'angle
- 10 d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, f est la fréquence coté terre et coté illumination, et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis
- 15 l'antenne et au moins un sens de trajet, une correction de déformée est réalisée par variation du déphasage de valeur $\Delta P (2\pi/C) (f_2 \cos(\phi_2) - f_1 \cos(\phi_1))$ au niveau d'au moins une des portions centrales, où ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, f_2 et f_1 sont les fréquences coté terre et coté illumination, et ΔP est la valeur de
- 20 déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs émettent des signaux vers l'antenne, une correction de déformées est réalisée par variation du déphasage de $\Delta P (2\pi/C) (f \cos(\phi_2) - (f + F) \cos(\phi_1) + F_e \cos(\phi'_1))$ au niveau d'au moins une des
- 25 portions centrales, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_1 est celui de la direction du foyer, ΔP est la valeur de
- 30 déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;

- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, une correction de déformée est réalisée au niveau d'au moins une des portions centrales par variation du déphasage de $\Delta P (2\pi/C) (f \cos(\phi_2) - (f + F) \cos(\phi_1) - F_e \cos(\phi'_1))$, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_1 est celui de la direction du foyer et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, une correction de déformée est réalisée au niveau d'au moins une des portions centrales par variation du déphasage de $\Delta P (2\pi/C) (f \cos(\phi_2) + F_e \cos(\phi'_2) - (f + F) \cos(\phi_1))$, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_2 est celui de la direction du foyer sol ou du foyer opposé et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- l'antenne dispose de moyens pour mesurer ou reconstituer la déformée (ΔP) transversale au plan de l'antenne ;
- l'antenne comporte des moyens pour comparer les phases et/ou retards d'au moins un signal émis par les moyens illuminateurs et reçu en différents points de l'antenne et des moyens pour déterminer en fonction de cette comparaison la déformée (ΔP) transversale au plan de l'antenne ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, une correction de déformée est réalisée par variation du déphasage de valeur $\Delta P (2\pi f/C) (\cos(\phi_2) - \cos(\phi_1))$ au niveau d'au moins une des portions centrales, où ϕ_1 est l'angle

- d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, f est la fréquence coté terre et coté illumination, et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des
- 5 moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, une correction de déformée est réalisée par variation du déphasage de valeur $\Delta P \cdot (2\pi/C) (f_2 \cos(\phi_2) - f_1 \cos(\phi_1))$ au niveau d'au moins une des portions centrales, où ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, f_2 et f_1 sont
- 10 les fréquences coté terre et coté illumination, et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs émettent des signaux vers l'antenne, une correction de déformées est réalisée par variation du déphasage de $\Delta P \cdot (2\pi/C) (f$
- 15 $\cos(\phi_2) - (f + F) \cos(\phi_1) + F_e \cos(\phi'_1))$ au niveau d'au moins une des portions centrales, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la
- 20 direction visée, ϕ'_1 est celui de la direction du foyer, ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;
- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, une correction de déformée est réalisée au niveau d'au moins une des portions centrales par variation du
- 25 déphasage de $\Delta P \cdot (2\pi/C) (f \cos(\phi_2) - (f + F) \cos(\phi_1) - F_e \cos(\phi'_1))$, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_1 est celui
- 30 de la direction du foyer et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales ;

- pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, une correction de déformée est réalisée au niveau d'au moins une des portions centrales par variation du déphasage de $\Delta P (2\pi/C) (f \cos(\phi_2) + F_e \cos(\phi'_2) - (f + F) \cos(\phi_1))$, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_2 est celui de la direction du foyer sol ou du foyer opposé et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales.

PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit. Cette description est purement illustrative et non limitative. Elle doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un système conforme à un mode de réalisation possible pour l'invention ;
- la figure 2 est une représentation synoptique des différentes fonctions réalisées par les différents pavés de l'antenne ;
- la figure 3 est une représentation schématique d'une mosaïque de faisceaux qui peut être obtenue avec un système conforme à un mode de réalisation possible de l'invention ;
- les figures 4 et 5 représentent schématiquement deux géométries de prise d'image dans le cas d'une application à l'imagerie micro-ondes.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN OU PLUSIEURS MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

30

1. DESCRIPTION GENERALE

1.1 Introduction

On a représenté sur la figure 1 un système comportant un premier satellite, référencé par 1 et appelé par la suite satellite prisme, ainsi qu'un
5 deuxième satellite, référencé par 2 et appelé par la suite satellite illuminateur.

Le satellite prisme 1 porte une antenne RF, tandis que toutes les fonctions centrales de charge utile sont déportées dans le satellite 2, l'interface bord-sol de l'ensemble pouvant être assurée au travers du
10 satellite 2.

Celui-ci est sur la même orbite que le satellite 1 et en est typiquement décalé de 100 km. A la réception comme à l'émission, l'antenne du satellite 1 dévie le signal d'illumination, l'amplifie, et le focalise dans les directions commandées par la mission.

15 Ladite antenne 1 est constituée par une antenne active qui en fonctionnement à l'émission ou à la réception reçoit sur une de ses faces les signaux RF et les rayonne (vers la terre ou vers le satellite 2) par son autre face.

Ainsi, cette antenne ne comporte pas de câble à travers lesquels
20 les signaux RF seraient transmis depuis (ou vers) une plate-forme.

L'immunité aux déformations est atteinte quand l'axe moyen de visée mission et celui de l'illumination ont une incidence sur le prisme (angle par rapport à la normale à l'antenne) dont le rapport des Cosinus vérifie des conditions particulières détaillées ci-après fonction des fréquences utilisées
25 à la mission et à l'illumination, un cas particulier étant l'identité des incidences.

Ceci permet d'accroître par 10 les tolérances de déformation macroscopique de l'antenne (exemple 10 cm en bande L au lieu de 1cm), ou d'accroître par 10 les tolérances de connaissance de cette déformation
30 quand une correction électronique est appliquée.

On l'aura compris, une telle structure favorise le déploiement de très grandes antennes (>20 ou 50 m) en simplifiant ou supprimant les

mécanismes (plus besoins de forts couples pour déplier les câbles et de contrôle précis de butée) et les raidisseurs.

La multiplication des directions d'illumination à partir de plusieurs sous-ensembles illuminateurs d'un même satellite ou de satellites distincts
5 permet de manière transparente à l'antenne de multiplier la configuration de faisceaux que celle-ci engendre vers le sol.

Le principe peut être étendu au cas d'un illuminateur situé sur une orbite totalement différente de celle du prisme, on peut penser par exemple à un illuminateur géostationnaire d'un prisme en orbite basse. Les
10 incidences d'illumination et de visée ne sont plus alors stables, mais la condition d'auto-compensation détaillée ci-après peut être maintenue en jouant sur les paramètres tels que la déviation, la fréquence d'illumination ou même éventuellement l'attitude physique du prisme. Par la suite de cette étude on ne considère que le cas de deux satellites sensiblement sur la
15 même orbite.

Dans une variante où la même face assurerait la liaison vers les illuminateurs et vers le sol, l'avantage d'auto-compensation des déformées disparaît mais reste l'avantage de la disparition des câbles et de la multiplication transparente des faisceaux en présence de plusieurs sous-
20 ensembles illuminateurs. Par la suite, on ne décrit que la configuration avec les signaux transitant entre les faces.

La description qui suit considère toujours une zone utile de travail de l'antenne située sur la terre, on peut imaginer aussi que l'antenne vise une zone située dans l'espace (par exemple à des fins d'astronomie
25 spatiale, ou de liaison avec d'autres satellites). On peut aussi imaginer que les satellites illuminateurs et prisme sont en orbite autour d'un astre autre que la terre.

1.2 Géométrie générique

30

La figure 1 donne la géométrie générique, l'allure réelle diffère suivant le type de mission, Radar ou télécom, orbite basse ou

géostationnaire. On notera que dans tout le présent texte, le terme Radar inclut l'ensemble de l'observation ou détection radiofréquence, passive ou active.

L'illuminateur I est nominalelement situé sur l'axe $-Y$, le vecteur vitesse
5 est sur Y de sens indifférent, le vecteur P est normal au plan de l'antenne. Le faisceau d'antenne vise le sol dans une gamme fixée par la mission (vecteur R). L'onde se propage entre l'illuminateur et le point au sol, dans un sens et/ou dans l'autre au travers de l'antenne.

Le prisme réalise une déviation simple ou combinée selon que les
10 vecteurs R , P et AY sont coplanaires ou non. Pour une déviation simple, on a en général $\phi_2 + \phi_1$ proche de 90° .

On a également représenté un repère orthonormé $AXYZ$ où A correspond à un point au centre de l'antenne, AY correspond à la direction de la vitesse des satellites 1 et 2, AZ étant dirigé vers le centre de la terre.

15 Le vecteur P est défini par un angle α entre AY et sa projection dans le plan AXY , ainsi que par un angle θ qui est l'angle qu'il fait avec cette projection.

La direction R de visée de l'antenne est définie quant à elle par les angles α' et θ' .

20 Sur la figure 1, on a également porté les axes P_x , P_y et P_z qui correspondent aux axes AX , AY et AZ après rotation d'un angle α autour de AZ , puis rotation d'un angle θ autour de la direction P_x ainsi obtenue.

On également porté les axes R_x , R_y et R_z qui correspondent aux axes AX , AY , AZ après rotation d'un angle α autour de AZ , puis rotation
25 d'un angle θ autour de la direction R_x .

1.3 Translation de fréquence interne et/ou externe

Lorsque le prisme réalise une amplification, c'est à dire dans le cas
30 général d'application du concept, le couplage parasite entre les deux faces ne doit pas ramener à l'entrée de la réception arrière le signal émis à l'avant avec un niveau plus fort que 20 dB sous le signal arrière. Un tel découplage

n'est pas facile à assurer dans tous les cas. Le seul moyen de s'en affranchir radicalement est de créer dans le prisme une translation de fréquence à utiliser dans l'une et/ou l'autre des liaisons émission et réception. Par ailleurs cette translation peut être requise pour des raisons
5 réglementaires, la liaison arrière étant une liaison intersatellite relevant d'attributions spécifiques de fréquences. Ce dernier point doit néanmoins pouvoir être contourné car ici les niveaux d'émission et les trajets de liaison sont bien plus petits que pour une liaison intersatellite classique.

La fréquence d'illumination est $F+f$, f est la fréquence utilisée par la
10 mission coté terre, F est positif ou négatif. Dans le cas générique la translation de fréquence F réalisée dans le prisme est la combinaison de deux translations dont l'une dite interne utilise un ton engendré dans l'antenne de fréquence F_i et l'autre dite externe utilise un ton de translation de fréquence F_e issu (ou dont la référence servant à la construire par
15 multiplication est issue) de l'illuminateur, et telles que $F = F_i + F_e$. En présence de plusieurs illuminateurs, un seul appelé foyer émet F_e . F et F_e sont de même signe si la translation F_e et la translation F sont de même sens. En présence de plusieurs illuminateurs, un seul appelé foyer émet F_e .

20 1.4 Géométrie d'auto-compensation des déformées

Une antenne réseau utilise des fonctions de retards et/ou des fonctions de déphasages bien qu'idéalement elle ne devrait utiliser que des retards. Le déphasage constitue un faux retard car variable selon les
25 composantes fréquentielles du signal mission et modulo (λ). Quelques soient les termes utilisés dans la description qui suit, il y a une certaine latitude suivant le type d'application d'interchanger déphasages et retard, même si la déviation principale réalisée par le prisme gagne du fait de son ampleur à l'emploi du retard pur.

30 On considère le fonctionnement en émission vers la terre. Le cas de la réception est identique lorsque que F_e est nul car tous les dispositifs sont

alors réciproques. Les particularités introduites par F_e non nul sont vues plus loin.

On modélise l'antenne par un champ de déformations (de type non-planeité) Δp selon P autour d'un plan moyen que l'on suppose dans un premier temps normal à P , les erreurs d'attitude du plan moyen seront analysées ensuite. L'auto-compensation est atteinte quand pour tout point du prisme, sa projection dans le plan normal à R voit l'onde avec une phase inchangée, ou encore que la projection de Δp sur R a un effet en phase identique et opposé sur des deux cotés du prisme. Pour un illuminateur unique ou confondu avec le foyer, l'effet en phase est $2\pi \Delta P \cos(\phi_1)(F+f)/C - 2\pi \Delta P \cos(\phi_1)F_e/C$ à l'illumination et $- 2\pi \Delta P \cos(\phi_2) f/C$ à l'émission avec ϕ_2 et ϕ_1 incidences de l'onde sur le prisme coté terre et coté illumination. L'auto-compensation est obtenue pour: $\cos(\phi_2)/\cos(\phi_1) = (F+f)/f$

La translation externe n'intervient pas dans la géométrie d'auto-compensation (nous verrons plus loin que F_e intervient par contre sur l'évolution de cette géométrie pour des illuminateurs situés en écart du foyer). Les visées vers la terre réalisant l'auto-compensation sont sur un cône d'axe normal au prisme.

La phase vue par la projection dans le plan d'onde de chaque point d'antenne ne varie pas avec la déformation mais la position de la projection dans ce plan d'onde bouge. Il y a deux translations dans le plan d'onde qui se cumulent, une liée à l'illumination en $\Delta P \sin(\phi_1)$ et l'autre liée à la liaison mission en $\Delta P \sin(\phi_2)$. La validité du principe prisme peut être affectée au-delà d'un certain gradient concernant la distribution d'amplitude et de phase dans le plan d'onde. Si cette distribution n'est apportée que par le prisme, seule compte la translation en aval (à l'illumination pour le trajet réception, à l'émission prisme pour le trajet émission) d'éclairement (tel que vue dans le plan d'onde). Nous verrons plus loin une option du dispositif permettant de corriger ces effets.

1.5 Résidu d'auto-compensation et amplitude de balayage

Pour une modification ($\delta\phi_1, \delta\phi_2$) de la géométrie, le résidu d'auto-compensation est en ΔP $(-\sin(\phi_1) (F_i+f) \delta\phi_1 + \sin(\phi_2) \delta\phi_2 f)$. C'est essentiellement la deuxième composante qui compte car c'est celle qui
 5 résulte du balayage nécessaire pour la mission. La composante de balayage mission à iso-incidence n'a aucun effet sur le résidu.

On se fixe un seuil de résidu de $0,1 \Delta P$, c'est à dire une réduction de sensibilité à la déformation d'un facteur 10. Pour $F_i = 0$, et une déviation simple on a $\phi_1 = \phi_2 = 45^\circ$ et $\delta\phi_2 = \pm 10^\circ$. Si F_i est positif, on peut accroître
 10 le balayage mission. Par exemple avec un rapport 5, on a, toujours dans le cas d'une déviation directe, $\phi_1 = 79^\circ$, $\phi_2 = 11^\circ$ et il n'y a plus de réelle limitation sur la gamme de balayage incidence ($> \pm 25^\circ$). Par contre l'impact de l'erreur d'attitude du prisme sur la position de la visée d'auto-compensation est accrue si F_i est positif. En effet dans le pire cas d'une
 15 déviation simple, un erreur d'attitude modifiant de $\delta\phi$ l'incidence de la visée et de $-\delta\phi$ celle de l'illumination occasionne un résidu en $(\sin(\phi_1) (F_i+f) + \sin(\phi_2) f) \delta\phi$ qui pour être compensé nécessite un changement d'incidence de visée $\delta\phi_2 = - (1 + \tan(\phi_1)/\tan(\phi_2)) \delta\phi$, soit un changement absolu de la visée d'auto-compensation de $\tan(\phi_1)/\tan(\phi_2) \delta\phi$. Pour $(F_i+f)/f = 5$, la
 20 sensibilité est de 26 au lieu de 1 en absence de translation interne.

La contrainte de planéité passe typiquement de $\lambda/20$ on passe à $\lambda/2$. Par exemple en bande L, la tolérance de 10 cm correspond au ventre maximal que ferait une dimension d'antenne de 20 m obtenue par 10
 25 panneaux rigides reliés avec des mécanismes sommaires n'assurant que $0,5^\circ$ de précision de calage. Compte tenu par ailleurs des faibles couples de déploiement en absence de câbles RF on pourrait utiliser des mécanismes à mémoire de forme. En bande P (tolérance 35cm), la planéité n'est plus jamais un problème. Mais comme on va le voir le concept permet même d'aller plus loin en supprimant toute exigence de planéité!

30

1.6 Correction électronique de la déformée

Si la déformée peut être connue ou mesurée, on peut alors par déphasage retrancher le résidu de compensation: $\Delta P(\cos(\phi_1)(F_i+f) - \cos(\phi_2)f)$. Dans ce cas le relâchement amené par le prisme ne porte plus
5 que sur la précision de connaissance δP de la déformée, l'exigence de planéité étant elle supprimée. Ce relâchement amené par le facteur $(\cos(\phi_1)(F_i+f) - \cos(\phi_2)f)$ est lié aux écarts de géométrie (gamme de balayage) comme précédemment pour le relâchement sur la planéité en absence de correction électronique. Une connaissance pouvant être
10 envisagée à mieux que $\lambda/2$, surtout en bande L, la correction électronique permet à la fois de libérer la planéité et d'élargir la gamme de balayage. On verra plus loin que les signaux d'illumination offrent un moyen direct de mesurer les déformations avec la modeste précision requise.

La correction électronique peut aussi s'appliquer à l'effet de
15 translation dans le plan d'onde de la loi d'éclairement, à partir des connaissances des deux composantes de translation de la loi d'éclairement: $\Delta P \sin(\phi_1)$ et $\Delta P \sin(\phi_2)$. On ne dispose dans cette correction d'aucun relâchement par rapport au cas d'une correction électronique dans une antenne normale, mais la sensibilité des erreurs est moins grande (pour la
20 plupart des lois d'éclairement).

1.7 Exemples de géométrie avec $F_i=0$

- Satellite de télécom géostationnaire. On vise généralement
25 autour du nadir. Le vecteur P est contenu dans le plan de l'orbite et incliné de 45° par rapport à la verticale. La déviation est simple. Le facteur de relâchement sur la déformation est de 10 (balayage $< \pm 10^\circ$). L'illumination comme le rayonnement mission utilisent l'antenne dans un rapport 0,7 selon l'axe Y, il n'y a pas de perte d'efficacité dans
30 l'autre direction.

- Satellite à visée latérale Radar ou télécom en orbite basse
Cela est obtenu à partir du cas qui précède par une rotation roulis par

exemple de 45° (balayage 35° à 55°) car le fonctionnement du prisme ne dépend pas de l'angle roulis.

5 - Satellite de type VOILE Radar ou télécom: Le plan du prisme est vertical (contient l'axe AZ). Pour une visée principale latérale à 45° d'incidence le vecteur P s'écarte du plan de l'orbite de 35°. La déviation est combinée. Une structure de satellite VOILE a en particulier été décrite dans la demande de brevet FR 96 03434 de la demanderesse.

10 - Mission à fauchée en orbite basse (Radar ou télécom). Avec P dans le plan de l'orbite, le cône de visée d'auto-compensation rencontre la terre selon une ligne globalement transversale à la trace et permet un mode de fauchée défilante. Le relâchement de déformation est total si le faisceau peut suivre cette ligne.

1.8 Discrétisation du couplage entre faces

15

Les contraintes de mise en œuvre (voir § 3) amènent à discrétiser le couplage entre faces selon un maillage de pavés. Les déformations locales au niveau du pavé ne sont pas auto-compensées. Sur des dimensions réduites on peut facilement imposer la planéité, par contre du fait de la déformation générale le plan du pavé peut s'écarter du plan moyen de l'antenne, surtout si le pavé constitue le panneau d'antenne à déployer. Ce point peut amener à avoir plusieurs pavés par panneau, même en absence de déformation interne au panneau, tout cela dépend du profil des déformations. On montre que, si l'échelle de la déformation est principalement la dimension de l'antenne (profil cuvette, cas général des effets thermo-élastiques) dans une enveloppe $\lambda/2$, un seul pavé par panneau suffit dès lors qu'il y a au moins 10 pavés sur chaque dimension.

25 Si on dispose de la connaissance de la déformée on connaît alors les erreurs d'alignement des pavés, on peut les corriger au niveau des déphaseurs de l'antenne réseau et admettre des profils de déformation plus rapides sans densifier le maillage. On ne dispose toutefois pour ces corrections locales d'aucun relâchement sur la précision de connaissance.

30

Par contre si la connaissance s'appuie (avec ou sans mesure) sur un modèle de déformation, la précision locale est en général meilleure.

5

2. FONCTIONNEMENT EN PRESENCE DE DISPERSIONS (ATTITUDE, ILLUMINATEURS DECALES OU MULTIPLES, ERREURS DE FREQUENCES..)

10 2.1 Modélisation du satellite prisme 1 pour de petits écarts géométriques

Ce qui suit a pour but d'analyser le fonctionnement du satellite prisme 1 en présence de petits écarts angulaires d'attitude du satellite prisme 1 ou de position de l'illuminateurs et les effets en terme d'écart de visée par rapport à une visée de référence R.

15 - Appelons respectivement face équivalente arrière et avant du satellite prisme 1 les projection du satellite prisme 1 sur les plans orthogonaux à AY et à R. Ces deux transformations depuis la face réelle ne conservent en général ni les longueurs, ni les angles. Dans le cas
20 d'une déviation simple, une génératrice du satellite prisme 1 orthogonale au plan (AY,P,R) reste orthogonale sans changement de longueur, une autre génératrice orthogonale à la première reste orthogonale mais il y a un rapport $\cos(\phi_1)/\cos(\phi_2)$ entre la projection avant et la projection arrière.

25 Le rôle fondamental du satellite prisme 1 peut être décomposé ainsi, quelque soit l'ordre des opérations:

- Translation F_i avec la même phase en tout les points de l'une ou bien de l'autre des faces équivalentes. Ce qui revient à l'appliquer sur la surface réelle selon une loi de retard en plan incliné,

- Translation F_e au niveau de la face équivalente ou réelle arrière avec la phase suivant laquelle le signal de translation est reçu sur cette face équivalente ou réelle arrière,

- 5 - Liaison entre les points en correspondance des faces équivalentes arrière et avant par un retard fixe constant pour le prisme.

Quand l'illuminateur est bien sur l'axe Y, l'incidence de l'onde est nulle et le retard d'onde est constant sur toute la surface de chacune des faces équivalentes.

2.2 Ecart d'illuminateur

- 10 En absence de translation de fréquence, un écart d'illuminateur correspond à une incidence δ_i sur la face équivalente arrière et entraîne une rampe de phase avec une pente en $\delta_i f$ (pour de faibles valeurs δ_i). Cette rampe est reproduite sur la face équivalente avant, son orientation et sa longueur sont transformées selon la relation de projection entre faces
- 15 équivalentes. La pente de la rampe et donc l'incidence créée en face équivalente avant sont reproduites dans de rapport des longueurs. Dans le cas général la géométrie des écarts d'illuminateurs et de faisceaux respectivement projetés dans les faces équivalentes avant et arrière n'est pas conservée, il y a une anisotropie. Dans le cas particulier d'une déviation
- 20 directe, si l'écart de l'illuminateur est dans le plan (AY,P,R), la rampe de phase est alignée dans ce plan pour toutes les faces, les écarts restent dans ce plan et sont des écarts d'incidence. De même les écarts orthogonaux le restent et sont des écarts iso-incidence. L'anisotropie porte sur une modification des écarts d'incidence seulement, par
- 25 $\text{Cos}(\phi_1)/\text{Cos}(\phi_2)$.

- En présence d'une translation de fréquence interne F_i seule, la rampe de phase en face équivalente arrière est en $\delta_i (F_i+f)$ et reste inchangée après passage à la fréquence f . La rampe sur la face équivalente avant est donc accrue du rapport (F_i+f/f) . La translation interne modifie la fonction de
- 30 transfert des écarts par le rapport (F_i+f/f) .

La translation externe est sans effet sur l'illuminateur qui émet cette fréquence de translation (foyer), tout se passe comme si cet illuminateur

émettait directement à F_i+f . Dans le cas d'un foyer lui même en écart, on considère le satellite prisme 1 selon un nouveau modèle avec un nouvel axe AY passant par le foyer et un nouvel axe R correspondant au faisceau qu'engendrerait un illuminateur virtuel accompagnant le foyer et donc déduit de l'ancien R par l'écart engendré par l'ancien prisme soumis à l'écart de cet illuminateur virtuel et fonctionnant à $F_e = 0$. Dans ce nouveau prisme avec ses nouvelles faces équivalentes, pour un illuminateur en écart du foyer, la translation externe œuvre comme une translation interne et la fonction de transformation de l'écart est en $(F_i+F_e+f)/f$.

On peut conclure, dans tous les cas, que le satellite prisme 1 travaille comme une lentille dont l'illuminateur serait placé dans un repérage R_xR_z (voir figure 1), issu du repérage d'écart vrai XIZ par la même transformation que celle entre face équivalente arrière et avant, suivie d'une amplification/réduction des longueurs en $(F_i+f)/f$ pour ce qui concerne l'écart du foyer au tour de AY et $(F+f)/f$ pour ce qui concerne l'écart entre un illuminateur et le foyer.

Pour une géométrie à déviation simple et en auto-compensation avec $F_i = 0$ (voir exemple satellite télécom en § 1.7) on a $\cos(\phi_1)/\cos(\phi_2)=1$ et on dispose alors d'une transformation isotrope avec amplification/réduction en $(F_e+f)/f$. Dans le cas d'un prisme télécom, un écart selon X est reproduit au sol avec une empreinte de faisceau déplacée selon $-X$ tandis qu'un écart selon Z donne un déplacement selon Y. L'auto-compensation obtenue avec F_i non nul, introduit l'anisotropie dans une déviation directe, car la fonction de transfert en incidence devient $(\cos(\phi_1)/\cos(\phi_2)) (F_i+F_e+f)/f = (F_i+F_e+f/F_i+f)$, tandis qu'elle est $(F_i+F_e+f)/f$ sur l'autre axe. Ce rôle de F_i sur l'anisotropie se trouve pour tout type de prisme en auto-compensation car F_i détermine le rapport des surfaces équivalentes avant et arrière.

Un écart illuminateur $\delta\phi_1$ déplace la visée sol d'auto-compensation de $\delta\phi_2$. Si $F_e = 0$, on a $\delta\phi_2$ tel que le résidu total $(-\sin(\phi_1)(f+F_i) \delta\phi_1 + \sin(\phi_2) f \delta\phi_2)$ soit nul. Si F_e est non nul, en considérant que le foyer n'est pas en écart au besoin en considérant un nouveau modèle de satellite prisme 1 supprimant cet écart, un autre illuminateur en écart $\delta\phi_1$ par rapport

à ce foyer a une visée d'auto-compensation en écart $\delta\phi_2$ par rapport à la visée d'auto-compensation du foyer telle que $-\sin(\phi_1)(f+F_i+F_e)\delta\phi_1 + \sin(\phi_2)f\delta\phi_2$ soit nul. De manière générale, la différence entre les incidences des visées d'auto-compensation correspondant à deux illuminations et la différence des incidences de ces deux illuminations sont dans le rapport $\sin(\phi_1)/\sin(\phi_2) (f+F)/f$.

2.3 Fonctionnement avec un bouquet d'illuminateur

Le prisme étant un système linéaire, plusieurs illuminateurs en écart par rapport à AY donnent plusieurs faisceaux en écart par rapport à R, de manière totalement transparente pour le prisme.

Une configuration multi-faisceaux facilement maîtrisable est celle qui résulte d'illuminateurs décalés sur l'orbite et donc vus décalés sur AZ du fait de la courbure de l'orbite. Elle confère un alignement de faisceaux le long de l'orbite dans le cas de la géométrie de satellite de télécom, un alignement de faisceaux transversal à l'orbite dans la géométrie Voile (voir exemples de géométrie en §1.7).

Comme une antenne classique, le satellite prisme 1 peut discriminer différents canaux (temporels ou fréquentiels) émis par un illuminateur et leur affecter un faisceau distinct. Pour une mission nécessitant un grand nombre de faisceaux, il est possible de combiner la fonction multi-faisceaux externe issue de la multiplicité d'illuminateurs avec la fonction multi-faisceaux interne rendue par le satellite prisme 1 à chaque illuminateur afin de faciliter la mise en place de grande mosaïque de faisceaux. Le § 4 reprend plus en détail l'application télécom en donnant aux illuminateurs la fonction de motif proche au sein d'une grande mosaïque.

2.4 Avantage apporté par la translation de fréquence

L'amplification/réduction des écarts (ou incidences sur face équivalente avant) de chacun des faisceaux, amenée par le rapport $(F+f)/f$ s'applique aussi aux écarts entre faisceaux. C'est l'ensemble du bouquet de faisceaux formé par le bouquet d'illuminateurs qui s'ouvre ou se ferme en fonction du rapport $(F+f)/f$. La vocation première du prisme étant plutôt la

basse fréquence (qui conduit à de grandes antennes) et compte tenu des fréquences élevées des liaisons intersatellite (>20 ou 40 GHz), on voit que l'on peut obtenir des rapports d'amplification de plus de 20 . Comme les contraintes de mise en œuvre (voir § 3.1) limitent l'écart entre faisceaux cotés terre à quelques degrés, avec de tels rapports d'amplification l'écart entre illuminateurs n'est alors que de quelques 10^{-3} radian. Les illuminateurs peuvent ainsi faire l'objet d'un seul satellite multi-illuminateur avec des bras de 5 m maximum pour une distance au satellite prisme 1 de 5 km (pour 10^{-3}).

10 Pour les cas de missions où les illuminateurs ne peuvent être rassemblés dans un même satellite, on peut avoir intérêt à utiliser la réduction d'écart (si la basse fréquence $f-|F|$ peut se loger dans une attribution inter-satellite) afin de relâcher la contrainte sur la navigation relative des illuminateurs.

15 2.5 Comportement vis à vis de l'attitude du satellite prisme 1

Un changement d'attitude du satellite prisme 1 combine deux effets quant à la position au sol de l'empreinte du faisceau, l'effet induit par le mouvement de l'illuminateur dans un repère lié au satellite prisme 1 et l'effet direct du changement d'attitude du repère. D'après ce qui précède (§2.2), le mouvement induit par un illuminateur quelconque si $F_e = 0$ ou par le foyer dans le cas contraire est d'une amplitude dans le rapport $(F_i+f)/f$ du mouvement direct et on constate que, pour de fortes valeurs de $(F_i+f)/f$, la sensibilité à l'attitude est globalement accrue. Par contre si F_i est négatif ou nul, c'est l'inverse ou équivalent.

25 Dans tous les cas, une erreur d'attitude roulis, n'engendre que l'effet direct, puisque l'illumination arrière de l'antenne est inchangée. Si le satellite prisme 1 est en géométrie d'auto-compensation, une erreur d'attitude autour d'un axe contenu dans le plan du prisme est sans effet car est assimilable à une déformation transverse au prisme. L'évolution fonction de F_i de l'effet induit n'intervient que sur le troisième axe d'attitude orthogonal aux deux

premiers, c'est à dire sur l'axe lacet dans le cas du prisme télécom, sur l'axe tangage pour le prisme VOILE.

Toujours dans le cas d'une géométrie de compensation, décomposons le vecteur d'erreur d'attitude selon une composante ρ le long de l'axe roulis AY et d'une composante σ dans le plan du prisme. La composante σ est sans effet sur la phase des points projetés dans un plan normal à R. Par contre la translation des points dans ce plan correspond à une rotation autour de R de valeur égale à la projection de σ sur R. Donc le vecteur d'écart δR est le résultat d'un effet de roulis ρ sur R et de rotation de cet effet autour de R de valeur $(\sigma.R)$.

Dans le cas d'un prisme télécom à visée au nadir, pour une erreur en tangage t , on a $\rho = 0$ et donc aucun effet. Pour une erreur en lacet l , on a $|\rho| = l/\text{Tg}(\phi_1)$ et $|\sigma| = l/\text{Sin}(\phi_1)$. La rotation roulis ρ est combinée avec une rotation autour de R et donc en lacet de valeur $\text{Cos}(\pi/2 - \phi_1) / \text{Sin}(\phi_1) = l$. La rotation lacet est identique à celle d'une antenne normale, s'y rajoute un roulis en $l/\text{Tg}(\phi_1)$. Pour $F_i = 0$ le roulis est de même amplitude que le lacet. On retrouve ce même résultat en constatant qu'en tangage les deux mouvements direct et induit se compensent, en lacet le mouvement induit se transforme en roulis et se superpose au mouvement direct lacet.

2.6 Fonctionnement en réception avec F_e non nul

Tout ce qui précède s'applique aussi bien à l'émission qu'à la réception pourvu que F_e soit nul. Dans le cas contraire, le fonctionnement des écarts d'illuminateurs est conservé mais pas l'auto-compensation. Il y a plusieurs options de modification du dispositif pour conserver équivalent en réception.

2.6.1 Translation réception avec signal foyer réception sol.

Considérons un foyer réception au sol selon une incidence ϕ_2 , ϕ_1 étant l'incidence selon laquelle un illuminateur reçoit le signal.

Considérons une visée sol d'incidence $\phi_2 + \delta\phi_2$, le résidu total de compensation est en $\text{Cos}(\phi_1)(F+f) - \text{Cos}(\phi_2) f - \text{Cos}(\phi_2) Fe + \text{Sin}(\phi_2)\delta\phi_2 f$. L'auto-compensation est obtenue lorsque:

$\delta\phi_2 = (\text{Cos}(\phi_2)(f+Fe) - \text{Cos}(\phi_1)(F+f)) / (\text{Sin}(\phi_2) f)$, ce qui définit au sol
5 une ligne d'auto-compensation réception.

Le résidu de déformée est sensible à l'écart de visée autour de cette ligne (en $\text{Sin}(\phi_2)\delta\phi_2 f$) et à l'erreur d'attitude $\delta\phi$ du prisme en $(\text{Sin}(\phi_1)(F+f) \delta\phi + \text{Sin}(\phi_2) (Fe+f) \delta\phi)$ dans le cas défavorable d'une déviation simple. Le premier terme est inchangé par rapport au cas de l'émission, par
10 contre il apparaît une sensibilité supplémentaire à l'attitude en $(\text{Sin}(\phi_1)Fe + \text{Sin}(\phi_2) Fe) \delta\phi$ qui peut être pénalisante si Fe est positif et grand devant f ou devant $Fi+f$.

En choisissant $Fi=0$ et $\phi_1 = \phi_2$, la ligne d'auto-compensation émission réalise aussi l'auto-compensation de réception, mais le foyer réception doit
15 être sur cette ligne. Il est ainsi possible d'ajuster Fi et Fe pour avoir les lignes d'auto-compensation émission et réception très proches même si le foyer réception ne peut être à proximité de cette ligne.

Cette solution de foyer sol de réception est délicate à utiliser en orbite défilante sauf si Fe est petit, car la correspondance des lignes
20 d'autocompensation ne peut être maintenue.

2.6.2 Foyer réception sur orbite en opposition de l'illuminateur.

25 Une position particulière du foyer réception est sur l'orbite avec un moyen illuminateur situé du côté opposé par rapport au prisme. On a alors $\phi_2 = \phi_1 + \gamma$, γ négatif et petit du à la courbure de l'orbite. D'après ce qui précède, la visée auto-compensation est obtenue pour $\delta\phi_2 = -Fi \text{Ctg}(\phi_1)/f - \gamma(f+Fe)/f$ et une incidence $\phi_1 + \gamma + \delta\phi_2 = \phi_1 - (Fi \text{Ctg}(\phi_1) + \gamma Fe) / f$.

30 Puisque γ est négatif, il est donc possible d'ajuster Fi et Fe pour que l'auto-compensation à la réception se fasse à la même incidence qu'à

l'émission, c'est à dire à ϕ_1 , par exemple en prenant $F_i = 0$ à l'émission et F_i , F_e à la réception tels que $F_i \cos(\phi_1) + \gamma F_e = 0$.

L'avantage de cette solution par rapport à la précédente est qu'il n'y a pas d'effet supplémentaire de l'erreur d'attitude sur le résidu si F et F_e sont
 5 proches (F_i faible) car les effets sur ϕ_1 et ϕ_2 sont identiques alors qu'ils s'opposaient avec un foyer sol. Enfin cette solution est valable pour tout type d'orbite. Un inconvénient est qu'en absence de fréquence interne on ne peut pas faire correspondre l'auto-compensation émission avec celle de la réception et l'écart peut être grand si F_e/f est grand.

10

2.6.3 Utilisation à la réception du signal foyer émission de manière négative

Si maintenant, on utilise pour la réception, la fréquence de translation
 15 du foyer émission avec une translation de signe opposé, c'est à dire inverse de ce qui est nécessaire pour passer de f à $f+F$, en complétant ensuite avec la fréquence interne. On a alors le résidu total en:

$$\cos(\phi_1)(F_i + F_e + f) + \cos(\phi_1) F_e - \cos(\phi_2) f = \cos(\phi_1)(F_i + 2F_e + f) - \cos(\phi_2) f, \text{ avec } F_e \text{ et } F_i \text{ de signes opposés.}$$

20 Avec $F_i = F_i' - 2F_e = F - F_e$ on a la même condition d'auto-compensation que pour l'émission avec une translation interne F_i' .

Seule la composante F_i' de F_i est appliquée sur la face réelle avec une rampe de phase (ou de retard) comme pour une translation interne normale. La composante $F_i'' = -2F_e$ est appliquée sur la face réelle sans
 25 rampe de retard. On peut considérer que la translation est opérée sur la face équivalente arrière que l'on peut toujours définir normale à direction du foyer. Cette translation mélange un signal F_e qui a auparavant traversé orthogonalement cette face pour réfléchir sur la face réelle et revenir avec une rampe de phase due à ce double trajet, et un signal F_i'' dont la rampe
 30 de phase est due au trajet simple depuis la face réelle. Si $|F_i''| = 2|F_e|$ les deux rampes sont de même amplitude, et se compensent puisque la translation de F_e est négative. Seule reste éventuellement la rampe de

phase issue d'une incidence de signal mission f sur la face avant reproduite à l'arrière après anisotropie et amplification/réduction en $f/(F_i - F_e + f) = f/(F + f)$ comme pour un prisme normal.

On vérifie que les sensibilités de la visée d'auto-compensation aux écarts de l'illuminateur foyer émetteur de F_e , aux écarts de l'illuminateur par rapport au foyer, et à l'attitude du prisme sont les mêmes que celles exprimées aux § 1.5 et 2.2 dans le cas de l'émission avec translation interne F_i et externe $-F_e$ (c'est à dire F_e positive). De même, indépendamment de la condition géométrique d'auto-compensation, l'effet sur les faisceaux de réception des écarts d'illuminateurs et entre illuminateurs ou de l'attitude du prisme sont inchangés.

C'est la solution idéale dès lors que l'on consent à avoir une fréquence interne.

2.6.4 Translation réception avec le signal du foyer émission seul.

Avec $F_i = 0$ il faut alors $F_e < f$ et la condition d'auto-compensation est $\cos(\phi_1)(f + F_e) + \cos(\phi_1) F_e - \cos(\phi_2) f = \cos(\phi_1)(f + 2F_e) - \cos(\phi_2) f = 0$. Pour F petit devant f , $\phi_2 - \phi_1 = 2 \operatorname{Ctg}(\phi_1) F/f$. Si on ne veut pas trop d'écart en les points d'auto-compensation émission et réception il faut là encore F/f petit.

2.7 Dispersions des fréquences F_i , F_e , f

2.7.1 Variation d'écart dans la bande ΔF

L'amplification/réduction de l'écart angulaire est en $(F + f)/f$ et varie donc dans la bande Δf . L'erreur relative sur l'écart entre faisceaux est en $-\Delta f / f (F/(F + f))$. Comme l'amplitude angulaire du motif mission créée à partir de plusieurs illuminateurs est limitée à quelques degrés, cela ne pose pas de problèmes avec des bandes relatives de quelques % (et F positif).

Si on considère les deux trajets, on peut avoir une grande bande relative totale et il peut devenir nécessaire d'avoir une fréquence de translation par trajet.

5

2.7.2 Instabilités relatives sur F_i et F_e

Avec un seul illuminateur et $F_i=0$, tout se passe comme s'il n'y avait qu'une seule source de fréquence.

L'amplification/réduction de l'écart angulaire est en $f_1/(f_1-F)$ ou f_1 est la fréquence d'émission de l'illuminateur et F celle de la translation de fréquence. Si F_i est non nul et/ou en présence de plusieurs illuminateurs, F et f_1 sont des fréquences indépendantes. L'erreur relative sur l'écart angulaire μ qui résulte des instabilités relatives des fréquences s'écrit $\delta\mu/\mu < St - ((f_1 + F)/(f_1 - F)) St$, avec St = stabilité de fréquence relative (inclut aussi le doppler relatif). L'effet est maximal pour $F \gg f$ est vaut = $2 (F/f) St$. L'erreur relative sur l'écart entre deux faisceaux quelconques est plus faible car la source d'erreur amenée par l'instabilité de la translation est commune. Avec une stabilité relative de 10^{-5} , c'est à dire aucune précaution particulière, l'erreur angulaire absolue reste insignifiante compte tenu des faibles valeurs d'écart envisagées.

La fréquence F_i doit être appliquée à phase constante sur la face équivalente de réception (avant ou arrière), c'est à dire sur la face réelle moyennant une pente de retard en $\sin(\phi_1)$ ou une pente de phase en $\sin(\phi_1) F_i$. Une pente de phase peut être plus facile à réaliser, mais établie nominale pour la valeur théorique F_i , elle introduit une erreur de pente de phase en $\sin(\phi_1) \delta F_i$ en cas d'erreur δF_i sur F_i . Cette erreur est compensée par un écart d'incidence $\delta\phi$ sur la face équivalente avant telle que $\delta\phi \cos(\phi_2) f = \sin(\phi_1) \delta F_i$. Pour une déviation directe on a $\delta\phi = (F_i/f) St$. Pour $F_i/f = 20$ (grande amplification d'écart) on $\delta\phi < 20 \cdot 10^{-5} < 10^{-2}$ degrés.

Le cas de la translation réception avec foyer émission (voir §2.6.3) est différent car F_i est appliqué sans rampe de retard. Par contre ce cas est sensible à la différence entre $|F_i|$ et $2 |F_e|$ qui engendre une pente

résiduelle de phase sur la face équivalente arrière compensée par une incidence $\delta\phi$ du faisceau de réception sur la face équivalente avant telle que $\cos(\phi_2) \approx \delta\phi = \cos(\phi_1) \left(\frac{|F_i|}{|F_e|} - 2 \right)$. Dans une géométrie d'auto-compensation $\cos(\phi_1)/\cos(\phi_2) = (f/(F_i+f))$ et $\delta\phi < 3 \text{ St } (|F_e|/f) (f/(F_i+f))$.

- 5 Pour F_i positif et une grande amplification d'écart ($|F_e/f| > 20$) on a $\delta\phi < 3 \cdot 10^{-2}$ degrés.

La stabilité relative peut devenir une contrainte si l'ouverture du faisceau mission est inférieure à $0,3^\circ$, soit une dimension effective d'antenne de 38 m en bande L. Cette contrainte peut être contournée en
10 utilisant des lignes à retard pour appliquer F_i et en asservissant $|F_i|$ sur $2|F_e|$ au niveau d'un des points de réception de F_e sur le prisme (ou au niveau de la plate-forme).

2.8 Correction électronique de la géométrie (illuminateurs et attitude) à partir des signaux d'illumination

- 15 Le satellite illuminateur 2 (dont le centre a été référencé par I sur la figure 1) et le satellite prisme 1 (dont le centre a été référencé par A sur la figure 1) peuvent s'analyser comme deux satellites évoluant dans un tube de certain diamètre. L'axe IA est susceptible de s'écarter de l'axe Y dans le repère du satellite antenne. Rien que l'éloignement des deux satellites et la
20 courbure engendrée constituent un facteur d'écart. On considère par la suite les deux satellites à 100km l'un de l'autre et un tube de 5 km.

Les deux satellites connaissent leur position, celle du satellite 2 peut être transmise au satellite 1 par le canal de servitude qui de toute façon doit exister pour passer les ordres de commandes de l'antenne. A peut donc
25 connaître l'écart d'orientation et supprimer l'effet induit par déphasage au niveau des points de couplage entre faces. L'erreur d'attitude de l'antenne entache légèrement cette correction de l'effet induit car celle-ci n'est pas faite dans le plan effectif de l'antenne (produit d'ordre 3 des erreurs d'attitude et écart d'illumination), mais surtout l'effet direct de l'erreur d'attitude n'est pas
30 corrigé.

En option, on peut aussi mesurer l'attitude du prisme pour la corriger au niveau de l'ensembles des déphaseurs de l'antenne réseau . Il suffit pour cela de mesurer les différences de phases d'illumination entre deux points de réception sur l'antenne et ce pour deux 2 couples de points. Chaque couple permet de mesurer dans le repère du prisme une composante du vecteur AI . L'orientation de AI étant connue, on connaît celle du repère prisme, mis à part sa position en rotation autour du AI , c'est à dire essentiellement sa position en roulis. Le système devient alors complètement corrigé en attitude, sauf pour l'axe roulis, où tout reste
5
10
15
comme pour un satellite classique. Dès lors que l'on dispose d'une connaissance de l'attitude, s'appuyant ou non sur les signaux d'illumination, on peut choisir indépendamment le type d'effet (attitude ou illuminateur) et l'axe de dispersion que l'on souhaite compenser ou non, ceci afin de conserver certaines fonctions de transfert ou d'auto-compensation naturelles du prisme.

La mesure des différences de phase peut se faire avec le signal mission (radar ou télécom) ou par mesure de phase sur un ton de translation externe ou un ton introduit à cet effet. Puisque l'on vise de grandes antennes (>20 m), une précision modeste (1cm) confère déjà une
20
précision d'attitude de 3 centièmes degrés. L'inconvénient, que l'on trouve déjà si Fi non nul, est la nécessité d'acheminer un signal d'un point à l'autre de l'antenne.

Dans le cas de plusieurs illuminateurs distincts on peut compenser sur un illuminateur particulier ou sur une direction virtuelle d'illumination repérée par rapport aux illuminations réelles, tandis que la mesure d'attitude
25
utilise le signal d'un ou de plusieurs illuminateurs. L'impact sur la géométrie de faisceaux des variations de la géométrie inter-illuminateurs n'est bien sûr pas corrigé.

2.9 Correction électronique de la déformée à partir des 30 signaux d'illumination

La correction de la déformée ΔP (par retranchement du résidu d'auto-compensation $\Delta P(\cos(\phi_1)(Fi+f) - \cos(\phi_2)f)$) est faite au niveau de chaque

point de couplage ou au niveau des déphaseurs du pavé d'antenne réseau associé à un même point de couplage. Dans le deuxième cas on peut interpoler entre les points de couplage. Quelque soit le moyen de mesure, on peut avoir intérêt à coupler cette mesure avec celle de l'attitude du plan

5 moyen obtenue à partir des signaux d'illumination.

Les signaux d'illumination permettent aussi cette mesure en généralisant pour tous les points de couplage la mesure de phase envisagée pour l'attitude.

2.10 Fi ou Fe?

- 10 Fi peut être plus simple à implanter que Fe. Avec un seul illuminateur, l'intérêt d'un grand rapport $(F_i+f)/f$ pour un prisme auto-compensé est d'accroître l'incidence d'illumination et ce faisant d'accroître la surface effective de l'antenne pour la mission, de réduire la sensibilité à la gamme de balayage, de diminuer les effets de translation dans le plan d'onde si la
- 15 loi d'éclairement est faite par le prisme et non par l'illuminateur. Par contre la sensibilité à l'attitude du prisme est augmentée, aussi bien pour la direction des faisceaux que celle des visées d'auto-compensation. Fi est une bonne solution si le seul besoin est de faire une translation de valeur minimale.
- 20 Avec un bouquet d'illuminateur, Fi ne peut apporter une forte amplification ou réduction d'écart à la fois sur les deux dimensions (car Fi augmente l'anisotropie). Lorsque l'on cherche à intégrer les illuminateurs dans un même satellite une utilisation majoritaire de Fe est nécessaire.

2.11 Combinaisons avec plusieurs prismes

25 2.11.1 Illuminateurs communs aux deux prismes

- Si les satellites prismes 1 sont situés du même côté par rapport aux satellites illuminateurs 2 le long de l'orbite, il convient de les décaler sur une même orbite, ou bien sur des orbites ayant des écarts d'ellipticité et/ou de plan d'orbite afin d'assurer à la fois la non collision et l'absence de
- 30 masquage de la vue des illuminateurs. La solution de décalage sur la même orbite présente l'inconvénient de dilater ou comprimer la géométrie relative

de vue des illuminateurs en raison des différences des distances, ce qui peut être préjudiciable pour les cas où plusieurs prismes concourent à une même mission avec des faisceaux au sol identiques, en particulier dans le cas où un prisme assure l'émission vers le sol, l'autre la réception.

- 5 Il est possible de doubler le ou la combinaison de prismes en les mettant de part et d'autre sur l'orbite des mêmes illuminateurs. Pour des prismes opposés devant viser des empreintes de faisceaux identiques au sol, il est nécessaire d'inverser la fonction de transformation d'écart sur l'un des prismes, car sinon les écarts au sol sont inversés du fait de la
- 10 géométrie miroir.. Ceci est obtenu en passant de $F+f$ à f non pas par un mélange "signal arrière ($F+f$) – référence F " mais par un mélange" référence ($2f+F$) – signal arrière ($F+f$). Les fonctions d'auto-compensation des déformées sont conservées, l'écart est multiplié par le rapport – $(F+f)/f$.

15 2.11.2 Chaque prisme porte l'illuminateur de l'autre prisme

- Certaines missions de télécommunication mettent en œuvre en plus du double trajet mission, un double trajet de connexion vers un ou plusieurs points sol où peuvent être faits les brassages entre faisceaux missions si
- 20 cela n'est pas fait à bord (dans le ou les illuminateurs dans le cas du prisme) et où peuvent se concentrer les accès avec le réseau terrestre. Dans ce cas les illuminateurs supportent la liaison double trajet de connexion au sol. Lorsque la mission utilise plusieurs prismes, une autre approche consiste à faire porter les illuminateurs d'un prisme par un autre
- 25 prisme et vice versa. Les illuminateurs multiples peuvent être disposés sur le pourtour de l'antenne prisme ou encore plus facilement au dos, peu rempli comme on va le voir plus loin, quand il s'agit de prismes opposés par rapport aux illuminateurs.

2.12 Cas d'un prisme travaillant en réflexion

- 30 Tout ce qui précède pourrait s'appliquer de la même manière à un prisme travaillant en réflexion. Le fonctionnement multi-illuminateur reste le

même mais sans l'inversion des écarts, par contre les déformations et les erreurs d'attitude ne sont pas compensées mais doublées.

5

3. ANALYSE D'UNE ARCHITECTURE DE REALISATION

3.1 Architecture de l'antenne et du couplage entre faces :

L'antenne prisme est un déviateur de signaux. Autour d'une déviation de base fixe, s'ajoute le balayage de faisceau nécessaire à la mission. La déviation de base doit être obtenue en principe par un retard pur (sauf cas à faible bande relative où un déphasage suffit pour l'ensemble de la déviation) introduit en chaque point entre la face arrière et la face avant. La fonction de retard a pour objet, en s'ajoutant au retard géométrique entre deux points en correspondance des faces équivalentes avant et arrière, de rendre le retard total constant pour tous les couples de points. La fonction de retard est l'opposée du retard géométrique, elle est bi-dimensionnelle pour une déviation combinée. Les valeurs de retard étant de l'ordre des dimensions de l'antenne, il est nécessaire d'échantillonner large cette fonction pour réduire le nombre de retard afin de pouvoir les introduire dans la tranche de l'antenne. Il faut donc mailler l'antenne en pavés contenant un seul point de couplage. Les déformations ne sont alors plus compensées à l'intérieur des pavés mais cela ne nuit pas à l'intérêt du concept car la planéité est surtout difficile à tenir sur de grandes dimensions (voir §1.8).

A l'intérieur d'un pavé, en allant de la face arrière à la face avant, les moyens qui constituent l'antenne réalisent les différentes fonctions suivantes, illustrées sur la figure 2: Regroupement/éclatement arrière (étape 1 sur figure 2), amplification arrière (étape 2), translation de fréquence (étape 3), retard fixe et/ou variable (étape 4), regroupement/éclatement avant (étape 5). Ces étapes sont franchies par le signal dans les deux sens.

La partie en avant du retard est inchangée par rapport une antenne réseau actuelle (qui a aussi besoin de retards fixes et réglables mais que l'on peut laisser dans la plate-forme).

Le regroupement/éclatement n'est pas fait suivant des longueurs
5 égales car doit reproduire la composante avant ou arrière de la fonction de retard vue dans le pavé. Comme pour toute antenne il est généralement organisé en deux étapes d'éclatement/regroupement, une pour chaque dimension de l'antenne. Ici chaque étape peut avoir une rampe de retard à suivre. Au delà d'une certaine pente, il est préférable afin de limiter la
10 longueur des connexions, d'adopter une répartition en branches successives le long d'un tronc aligné sur la dimension assurée par l'étape plutôt qu'un éclatement/regroupement en étoile à longueurs différenciées depuis un point central. Pour une antenne active (avec amplification intégrée), le regroupement/éclatement arrière n'est pas nécessaire si l'on ne
15 prélève le signal qu'en un seul point arrière du pavé. Comme on va le voir il faut malgré tout conserver une surface minimale mais celle-ci est suffisamment petite pour considérer que la fonction d'éclatement fait partie intégrante de l'élément rayonnant arrière. Il est alors possible de garder la face arrière disponible pour d'éventuelles protections thermiques ou
20 raidisseurs comme cela se fait de manière générale, ou pour des cellules solaires dans le cas très particulier de la géométrie VOILE (/1/).

L'amplification /réception arrière met en jeu de très faibles niveau de puissance (voir ci-après) et peut donc se concevoir comme une modification de l'amplification/réception primaire que l'on trouve dans les antennes
25 actives réseau standard pour relayer les signaux de ou vers la plate-forme.

On conclut que:

- Hormis la translation de fréquence, la seule différence significative par rapport à une architecture classique est l'introduction d'un retard fixe à l'intérieur du pavé. Le retard commandable dont le
30 besoin et le dimensionnement sont inchangés (dépend de la largeur de bande et du dépointage mission autour de la déviation de base) doit être également dans le pavé ici.

- Dans le cas où le pavé est le panneau à déployer, le retard fixe n'introduit aucune contrainte supplémentaire, au contraire il vient à la place du câble RF émission/réception reliant le panneau à la plateforme qui fait plus de longueur totale et qui complique le déploiement.

- 5 - Le principe doit être appliqué avec discernement afin d'en tirer un bénéfice optimal. Par exemple dans le cas d'une antenne à forme allongée, on ne cherchera à compenser les déformées que sur la longueur, d'autant que cette dernière correspond généralement à l'axe de déploiement le plus affecté par les imprécisions des mécanismes.

10 3.2 Impact de l'échantillonnage du couplage entre faces (taille des pavés)

Le fait d'avoir échantillonné le couplage entre face peut produire sur la face avant des lois de phases avec des ruptures et des translations entre pavés, à l'origine de lobes de sous-réseaux qui parmi d'autres perturbations
15 amènent une perte de gain d'antenne.

- Quand il n'y a ni d'écart géométrique d'illuminateur ou d'attitude, ni de déformations, il n'y pas de ruptures, car la fonction de retard a été établie à l'intérieur des pavés et entre pavés pour cette configuration. Au pire, comme pour une antenne normale, apparaissent lors de forts
20 dépointages mission des ruptures dues au fait que la fonction de retard commandable est aussi échantillonnée.

- L'écart géométrique induit en face arrière des lois de phase qui se retrouvent en face avant sous une forme échantillonnée et produisent des écarts (dans le repère antenne) de faisceaux avec des
25 lobes de sous-réseaux. Si l'on veut limiter, pour un écart maximal de faisceau de 1° , les lobes de sous-réseaux à -18dB et les pertes de gain à $0,2\text{ dB}$, il faut un échantillonnage effectif (tel que vue le long de la direction visée) de moins de $7\lambda_f$ (soit $7\lambda_f$ par $10\lambda_f$ réels pour le prisme télécom). On peut supprimer la totalité de l'effet induit en appliquant la correction
30 électronique géométrique décrite en §2.8 qui utilise un déphaseur par points de couplage, ou un déphasage identique sur l'ensemble des déphaseurs du pavé. Il n'y a alors plus de limite à l'écart d'illuminateur ou

d'attitude. Si l'attitude est connue, on peut indépendamment corriger les écarts d'attitude et d'illuminateur. La suppression de l'effet direct de l'attitude se fait par une rampe de phase qui requiert par contre l'ensemble des déphaseurs du pavé et de l'antenne afin de ne pas recréer de lobes.

- 5 - Lorsque les écarts géométriques d'attitude ou d'illuminateur sont absents ou corrigés de leurs effets induits, l'échantillonnage du couplage ne dépend que du profil de déformée autour du plan moyen, le mouvement du plan moyen étant un écart géométrique. On a vu (§1.8) que la correction électronique de déformée combinée avec une rectification des
10 pentes locales des panneaux peut relâcher l'échantillonnage.
 - En présence de plusieurs illuminateurs, on ne peut supprimer ou contrôler que l'effet induit de l'attitude et d'une seule direction d'illumination. Cette dernière peut être virtuelle, choisie de préférence au milieu du bouquet des illuminateurs. Les effets induits des écarts
15 d'illuminateurs par rapport à cette direction corrigée traversent le prisme et contraignent l'échantillonnage. Avec un échantillonnage effectif à $7\lambda_f$, on ne pourra disposer que de $\pm 1^\circ$ d'ouverture de bouquet de faisceaux.

3.3 Bilan de liaison arrière, taux de remplissage arrière du pavé

- 20 Le gain réception du système que constitue le prisme et l'illuminateur est formé en deux étapes : au niveau du regroupement avant du pavé puis ensuite dans la liaison arrière au niveau de la réception illuminateur. Si s est le rapport signal à bruit maximal de la mission (S/B max.) et p est le nombre de pavés, S'/B' max. en sortie de regroupement pavé est au est s/p . La
25 liaison arrière transporte les p signaux S' et les p bruits B' et rajoute un bruit B'' . Pour que le total des bruits B' ne soit pas affecté de plus de 0,5 dB par cette liaison il faut que pour chaque pavé on vérifie $B'/B'' > 8/p$. Ce qui permet de déterminer la puissance nécessaire au niveau de chaque pavé pour émettre B' , celle nécessaire quand le signal est présent au maximum
30 est s/p fois plus supérieure. Si l'on considère que l'antenne de l'illuminateur fait 1m^2 de surface, que le total des pertes de réception (+ facteur de bruit) et d'émission fait 8 dB (pessimiste), que la distance fait 100 km, que la

largeur de bande mission fait 300MHz, que le pavé est rempli à l'arrière sur une surface effective vue par l'illuminateur de $1,4 \lambda_{F+f}$ par $1,4 \lambda_{F+f}$ (soit pour un prisme télécom, un seul élément rayonnant de surface réelle $2 \lambda_{F+f}$ par $1,4 \lambda_{F+f}$ rendu directif vers l'illuminateur par le couplage de plusieurs rayonneurs élémentaires) alors la puissance à émettre ne dépend pas de λ_{F+f} et est de $0,16 s/p^2$ W. Avec $s = 25$ dB et un minimum de 10 pavés, il faut donc 0,5 W par pavé. Par contre l'amplificateur devant travailler en mode linéaire, on peut prévoir un MMIC standard de 2 à 3 W.

Le signal émis par l'illuminateur doit être reçu par chacun des points de regroupement arrière avec un S/N fort de manière à garder une pureté de signal et assurer que la puissance d'émission avant de l'antenne reste consacrée au signal et non au bruit. C'est surtout la deuxième contrainte qui prime car les p pavés ensemble améliorent la pureté dans le rapport p . On prendra un S/N >20 dB. Ce qui, en reprenant les mêmes hypothèses que précédemment nécessite une puissance d'émission de 2 W.

Le diagramme arrière du prisme résultant des p liaisons élémentaires est le même que celui utilisé par la mission vers la terre aux homoteties près résultant des angles d'aspect de l'antenne. En présence d'effets géométriques induits (attitude ou écart illuminateur) tous deux portent les mêmes lobes de sous-réseaux liés à l'échantillonnage de la fonction de couplage. Mais les lobes de sous-réseaux arrière sont plus élevés en niveau (voire égaux au lobe principal) lorsque le pavé est peu rempli à l'arrière car ils ne sont pas modulés par le gain du pavé. Le non-remplissage arrière ne constitue pas, une difficulté énergétique mais peut amener le risque d'illumination parasite via un lobe de sous-réseaux. Les illuminations parasites à éviter pour un prisme en orbite basse sont celles d'origine terrestre. Le remplissage de pavé considéré précédemment est suffisant car il ferme le bouquet de lobes sur un demi angle de 20° autour de l'axe Y. Avec le maillage effectif de $7\lambda_f$, les premiers lobes de sous-reseaux en face avant sont distants de $\pm 3^\circ$ du lobe principal alors que l'ouverture d'un bouquet de faisceaux "transparents" est limitée à $\pm 1^\circ$. Ce même rapport de 3 se retrouve à l'arrière entre les lobes de sous-réseaux et

les directions d'illumination, si bien que les lobes de réseau mêmes forts ne gênent pas le fonctionnement avec plusieurs illuminateurs.

On conclut qu'un élément rayonnant de $1,4 \lambda_{F+f}$ par $1,4 \lambda_{F+f}$ (effectif) par pavé est suffisant (pas de regroupement éclatement arrière). Le taux de remplissage arrière de $f/(25(F+f))$ est faible, d'autant qu'en général $(F+f)/f$ est grand.

3.4 Translation de fréquence

Dans chaque pavé le signal mission est mélangé avec un signal de translation pouvant être issu d'un signal interne ou d'un signal externe émis par l'illuminateur (ou du sol) ou encore d'une combinaison des deux. En appliquant pour le signal de translation externe le même niveau d'émission (2W) que le signal mission, le bilan de liaison arrière garantit la pureté du signal de translation en entrée du mélangeur par le biais d'une simple réception (et amplification) dans un filtre de 10 MHz (S/N de 35 dB). Si l'on peut désormais choisir une fréquence autorisée pour l'illumination mission, cela n'est pas le cas pour le signal de translation externe. Toutefois la tolérance en la matière sera encore plus défendable vu qu'il s'agit d'un ton ou raie pure. L'émission d'une référence de la translation externe sur une autre fréquence choisie plus librement est également possible, mais le mélange n'est plus direct et doit être précédé d'un changeur cohérent de fréquence. Mais dans ce cas on peut alors mettre la référence externe au voisinage de la bande d'illumination mission et ne pas avoir à dupliquer la chaîne de réception arrière.

Le mélangeur avec le signal mission peut tout aussi bien être placé après le retard du prisme, mais dans ce cas le ton de translation doit parcourir également ce retard, ce qui n'induit pas une duplication des liaisons car le ton et le signal situées à des fréquences distinctes peuvent transiter ensemble. Cette solution est même meilleure dans le cas d'un prisme à fonction multi-faisceaux car l'illumination se faisant en principe sur autant de canaux fréquentiels que de faisceaux, il est souhaitable de faire passer tout ce multiplex dans un seul couplage par pavé plutôt que d'avoir autant de couplages que de canaux. La solution présente même un

deuxième avantage dans le sens où le où les tons de translation F et le signal à traduire $F+f$ voient le même effet des erreurs de ligne à retard (dilatation), et donc après translation celui ci n'est vu qu'à la fréquence f , comme dans le cas sans translation. Le déphasage et le retard étant des notions équivalentes pour un ton pur, un simple déphasage, d'ailleurs assuré par les déphaseurs existants dans le pavé, permet d'éviter de faire transiter le ton dans les retards. On peut aussi appliquer deux translations partiellement contraires de façon à systématiquement placer le retard à basse fréquence quelque soient F et f . De cette manière, une seule technologie de ligne à retard à basse fréquence permet de réaliser tout type de prisme. L'inconvénient de cette approche est décrit dans le § 2.7.2 et concerne l'effet de l'instabilité de fréquence F_i quand des déphasages remplacent les retards pour le ton F_i .

4. ILLUSTRATION EN TELECOM MULTI-FAISCEAUX GEOSTATIONNAIRE : 400 FAISCEAUX BANDE L DE 400KM DECALES OU MULTIPLES, ERREURS DE FREQUENCES..)

4.1 Réalisation de la mosaïque

Dans une mosaïque multi-faisceaux d'une mission télécom standard, généralement plusieurs faisceaux voisins utilisent plusieurs sous-bande distinctes de la bande de la mission et le motif élémentaire formé par ces faisceaux voisins est répété en réutilisation de fréquence pour former la mosaïque. Pour 4 sous-bandes, le motif élémentaire est un losange.

Le motif à réaliser par les illuminateurs doit être constitué par un nombre entier de losanges et est ensuite répété par la fonction multi-faisceaux (ou plutôt multi-bouquet ici) interne de l'antenne. Cette dernière met en œuvre plusieurs réseaux de formation de faisceaux (BFN en anglais), c'est à dire plusieurs regroupements/éclatements avant (voir § 3.1) chacun conduisant à un faisceau spécifique quand un seul illuminateur est présent. En présence d'un bouquet d'illuminateurs, chacun de ces faisceaux spécifique est multiplié pour former un bouquet de faisceaux. Au-delà des

avantages déjà signalés l'intérêt du prisme est de réduire le nombre de BFN nécessaire pour une mosaïque donnée.

- On utilise un prisme télécom en orbite géostationnaire, incliné à 45° par rapport à la direction terre et fonctionnant en translation externe.
- 5 L'antenne en bande L a une dimension effective 20m (28 m réel en est-ouest) on dispose alors d'un faisceau de $0,6^\circ$ d'ouverture. Un motif de 16 faisceaux, tel qu'illustré par la figure 3, nécessite un maillage réel de $6,6 \lambda_f$ (E/O) et $7,7 \lambda_f$ (N/S). Pour une mission couvrant toute la face terre, ce motif doit être répété environ 25 fois. 3 satellites assurent une couverture
- 10 mondiale avec 3 fois 400 faisceaux de 400 km de diamètre chacun.

4.2 Architecture du prisme et de l'illuminateur

- Chaque illuminateur émet 25 signaux j sur des canaux distincts que le prisme sait trier et rediriger en entrée d'un de ses 25 BFN. Si l'on choisit
- 15 un multiplexage fréquentiel (parmi d'autres types de canalisation), la fonction translation de fréquence du prisme est réalisée d'emblée. Il y a des décalages de sous-bandes entre les multiplex correspondant à des faisceaux du motif devant utiliser des sous-bandes distinctes. Un seul illuminateur émet le peigne de fréquences de translation ou la référence qui
- 20 permet de le reconstituer.

- A l'intérieur d'un motif, la variation de l'écart entre faisceaux due au fait que les différents illuminateurs ne travaillent pas dans la même sous-bande est faible et peut être de toute façon compensé à la construction au niveau de la géométrie inter-illuminateurs. D'un motif à l'autre les écarts
- 25 internes varient car les rapports d'amplification varient (en $(F_j + f)/f$), le motif se dilate ou se rétracte. Ceci peut être pris en compte dans la fonction multi-faisceaux du prisme en adaptant la largeur du faisceau de façon à maintenir la juxtaposition, cette adaptation est de toute façon nécessaire pour d'autres raisons (variation de l'incidence au sol, de la taille effective de l'antenne
- 30 dans la direction visée). Notons aussi que l'écart relatif angulaire est borné par $\Delta F/F$, ici peu différent de $\Delta f/f$ car $\Delta F = 25 \Delta f$ et $F/f = 20$. Avec un $\Delta f/f$ de quelque % l'erreur n'est que de quelques centièmes de degrés.

Le différentiel d'écart entre l'émission et la réception peut être important, comme indiqué en § 2.7 l'adoption d'un rapport constant $F_{j\text{ émission}}/F_{j\text{ réception}}$ égal au rapport $f_{\text{émission}}/f_{\text{réception}}$ règle le problème au prix ici d'un léger accroissement de l'occupation spectrale totale pour la liaison
 5 illumination qui devra être de $25 (1 + \max (f_{\text{émission}}/f_{\text{réception}}, f_{\text{réception}}/f_{\text{émission}})) \Delta f$ au lieu de $2 \cdot 25 \cdot \Delta f$.

Globalement cette application multi-faisceaux bénéficie du fait que l'illumination faite à très haute fréquence permet d'une part de réduire l'écart inter-illuminateur jusqu'à ne faire que seul satellite, et d'autre part de
 10 disposer, moyennant une bande relative similaire à celle de la mission, d'une largeur de bande absolue permettant l'étagement d'un grand nombre de faisceaux. Ceci est aussi en cohérence avec le fait que les bandes attribuées aux liaisons inter-satellites sont hautes et larges, même si, comme déjà signalé, la spécificité de la géométrie et des niveaux permet
 15 d'envisager de travailler dans des bandes non attribuées à cet effet.

Pour l'illustration considérée en bande L à 1,5 GHz à l'émission et 1,6 GHz à la réception avec 20 Mhz de bande, l'occupation spectrale en illumination avec 25 canaux est de 500 MHz à l'émission et de 500 Mhz la réception (ou de 530 Mhz si on veut vérifier un $F_{j\text{ émission}}/F_{j\text{ réception}}$ constant
 20 mais ceci ne semble pas nécessaire). En prenant 32,25 GHz comme fréquence centrale de l'illumination réception et 32,75 GHz pour celle de l'émission, les rapports d'amplification sont de 21,5 à l'émission et de 20,5 à la réception, ce qui n'engendre qu'une erreur maximum de 7,5 centièmes de degré sur la grande dimension +/- 1,5° du motif. Le tout rentre ainsi dans
 25 la bande attribuée 32-33 Ghz pour les liaisons intersatellite.

Le satellite illuminateur 2 dispose de 16 antennes sur une structure lacunaire reproduisant le motif dont l'envergure fait 12 mètres dans un sens et 7 mètres dans l'autre à une distance de 5 km, respectivement 2,4 m par 1,4 m si la distance peut être réduite à 1 km. La deuxième option est bien
 30 sur préférable du point de vue du satellite, la première l'étant du point de vue de la navigation car la précision de distance relative doit être de l'ordre de 5% pour ne pas créer un déplacement du faisceau extrême du motif de plus de 7 centièmes de degrés (12% de l'ouverture de l'ouverture

élémentaire). On peut noter que la structure d'un satellite éloigné à 5 km n'a pas d'exigence de maîtrise dimensionnelle, une précision de 5% pour l'écart inter-illuminateur étant suffisante (soit 10 cm). Notons enfin qu'il existe d'autres bandes intersatellite encore plus hautes permettant d'augmenter encore l'amplification et de réduire l'écart inter-illuminateur.

Une telle mission offrant 400 faisceaux de 400 km d'empreinte sol et requérant une taille effective d'antenne de 20 mètres est difficilement réalisable aujourd'hui dans l'approche classique puisqu'il faudrait disposer de 400 BFN dans une grande antenne dont la maîtrise dimensionnelle serait requise à $\lambda/20$.

4.3 Cas avec satellites illuminateurs 2 distincts

D'autres applications du satellite prisme 1 peuvent conduire à des satellites illuminateurs 2 distincts. La mise en œuvre du motif reste possible en faisant faire à chaque illuminateur une roue apparente vue du prisme. Cela est obtenu par une combinaison d'écart d'inclinaison et d'excentricité par rapport à l'orbite du prisme. Pour cette approche il est préférable de rechercher un certain éloignement (100 km) pour gagner en précision relative de navigation. Le motif tourne sur lui-même en 24 H, il est nécessaire d'accompagner ce mouvement en faisant tourner l'ensemble de la mosaïque au niveau de la fonction multi-faisceaux du prisme, ce qui peut constituer une contrainte si cette fonction n'a pas besoin d'être variable par ailleurs.

5. PRISME ET INTERFEROMETRIE VLBI LE LONG DE LA TRACE POUR DE L'IMAGERIE MICRO-ONDE

5.1 Introduction et principe

Il est bien connu que la taille d'antenne constitue la difficulté principale en radiométrie micro-onde passive, en particulier quand il s'agit d'imagerie de surface (hydrologie, biomasse, salinité) où il s'agit de concilier basse fréquence et bonne résolution. L'utilisation du concept de prisme se

justifie déjà pour ses capacités de grande antenne, mais la géométrie deux satellites se suivant permet aussi l'emploi de la technique VLBI (interférométrie à large bande) pour obtenir la résolution dans la dimension le long de la trace (le long de la projection sol de l'orbite) et ramener ainsi la

5 contrainte de taille d'antenne dans la seule dimension qui permet d'obtenir une résolution transversale.

Selon le principe VLBI, l'intercorrélation complexe (avec intégration et détection en I et Q) du signal reçu par le prisme avec celui reçu directement par l'illuminateur réalise une discrimination angulaire autour de la source sol

10 des signaux fonction de l'angle $90-\beta_0$ que fait la direction d'arrivée des signaux avec l'axe prisme illuminateur.

Le module de l'intercorrélation (Racine $(I^2 + Q^2)$) est de la forme:

$$| \text{SINC} (\pi B D (\sin(\beta) - \sin(\beta_0))/C) | \text{ avec}$$

- B= largeur de bande,
- 15 - D= distance entre illuminateur et prisme
- $90-\beta_0$ = angle de la visée avec l'axe prisme illuminateur
- $\tau_0 = D \sin(\beta_0)/C$ = retard appliqué à l'une des voie de réception pour ajuster la focalisation sur β_0

20 La résolution angulaire est $\delta\beta = C/BD$. La résolution moyenne au sol est de 0,15 km pour D= 100 km, B = 27 MHz (allocation radiométrie bande L), et une altitude de satellite de 1000 km.

En choisissant la gamme de valeur β_0 l'intersection du cône de mesure VLBI avec la terre crée une ligne globalement transversales à la

25 trace. La géométrie du prisme doit être telle que sa dimension longue projetée le long de la visée soit également à forte composante transversale, conférant un faisceau dont l'empreinte est à forte composante le long de la trace croisant avec un angle important la ligne à iso-mesure VLBI..

L'imagerie le long de la trace est obtenue par le déplacement des

30 satellites, l'imagerie transversale est obtenue par le balayage du faisceau du prisme. Lors du déplacement de satellite on peut renouveler plusieurs visées sur le même point (profondeur le long de la trace) grâce à plusieurs

valeurs β_0 , ceci dans un but d'accès à plusieurs incidences ou pour améliorer la résolution radiométrique.

5.2 Avec un satellite prisme 1 allongé selon l'axe tangage

5

Comme illustré par la figure 4, en prenant le vecteur P dans le plan de l'orbite et incliné vers la terre, le cône de visée d'auto-compensation rencontre la terre selon une ligne courbe qui coupe orthogonalement la trace du satellite. Avec un prisme allongé selon l'axe tangage, l'empreinte au sol du faisceau est allongée le long de trace. Le balayage déplace cette empreinte transversalement, l'autre dimension du prisme étant réduite, la ligne d'auto-compensation reste malgré sa courbure inscrite dans la grande dimension de l'empreinte du faisceau pour toute position de celui-ci. Si la mission ne vise qu'une simple fauchée sans profondeur le long de la trace, β_0 peut être ajusté au dépointage du faisceau afin de maintenir le pixel sur la ligne d'auto-compensation et les contraintes de déformées d'antenne sont alors totalement relâchées. En limitant ce relâchement à un facteur 10, on dispose d'une gamme de $\pm 10^\circ$ pour faire de la profondeur par visées multiple en VLBI (qui elles s'écartent de la visée d'auto-compensation).

20

5.3 Avec un satellite prisme 1 de type voile (allongé sur l'axe vertical)

La configuration de prisme type VOILE est parfaitement adaptée pour une antenne allongée selon la verticale. La visée de chaque côté de la trace est possible au prix d'un deuxième satellite illuminateur situé de l'autre côté par rapport au prisme le long de l'orbite et sans quasiment rien changer au niveau du prisme. La figure 5 représente la géométrie de la prise d'image, vue par un observateur situé sur l'axe vertical le long duquel est allongé le prisme.

30

Avec un signal de translation issu des illuminateurs ou bien une translation interne de faible valeur, un réglage de la géométrie peut être

obtenu avec une gamme de visée en élévation de $-45^{\circ} \pm 10^{\circ}$, $\alpha = 58^{\circ}$ et $\alpha' = 80^{\circ}$.

Outre l'aptitude inhérente au concept VOILE pour une antenne très allongée verticalement (gradient de gravité) l'autre avantage par rapport à la configuration précédente est la tolérance au lobes de réseau qui permet de rendre l'antenne lacunaire dans sa grande dimension dans un rapport 5 (espacement $2,5 \lambda_f$ d'éléments de taille $0,5 \lambda_f$), aspect que l'on peut exploiter pour réaliser du multi-fréquence en mettant d'autres éléments rayonnants dans les trous. L'inconvénient de cette configuration est que le débattement en élévation qui fait la registration transverse ne se fait pas le long de la ligne d'auto-compensation et est limité à $\pm 10^{\circ}$ pour conserver un relâchement de planéité d'un facteur 10. Il en résulte pour une même revisite d'une part une nécessité de voler à plus haute altitude avec un impact sur la longueur de l'antenne, d'autre part la nécessité de deux micro-satellites illuminateurs 2.

REVENDECATIONS

1. Système comportant une antenne radio-fréquence placée sur une
5 orbite autour de la terre, ainsi que des moyens illuminateurs d'émission
et/ou de réception également en orbite autour de la terre situés sur au
moins un satellite distinct de celui portant l'antenne, l'antenne se trouvant
dans le champ d'illumination desdits moyens, caractérisé en ce que
l'antenne est une antenne radiofréquence d'émission et/ou réception formée
10 d'un maillage de pavés, cette antenne comportant des moyens de
déphasage et/ou de retard reliés à ces pavés, les signaux reçus par les
pavés transitant par les moyens de déphasage et/ou de retard avant d'être
réémis sur lesdits pavés, ces moyens de déphasage et/ou de retard étant
aptes à dévier les signaux radio-fréquence correspondant à un ou plusieurs
15 canaux émis par les moyens illuminateurs pour les renvoyer vers la terre
selon un ou plusieurs faisceaux et/ou à dévier les signaux radio-fréquence
correspondant à un ou plusieurs faisceaux émis de la terre pour les
renvoyer vers les moyens illuminateurs selon un ou plusieurs canaux.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les
20 moyens illuminateurs sont portés par au moins un satellite sensiblement sur
la même orbite que celui portant l'antenne.

3. Système selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce
que l'antenne radiofréquence est sensiblement plane, les signaux transitant
d'une face à l'autre de ladite antenne et en ce que, pour au moins un canal
25 et un sens de trajet, il correspond, à une direction d'illumination selon
laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux
vers et depuis l'antenne, un cône de visées dites d'autocompensation vers
et depuis la terre définies par une incidence commune sur le plan de
l'antenne, dite incidence d'autocompensation (l'incidence d'une direction
30 étant l'angle que fait cette direction avec la normale au plan de l'antenne),
les visées d'autocompensation étant telles que les déformées de l'antenne
transversalement au plan général de l'antenne et les erreurs d'attitude de
l'antenne autour de tout axe contenu dans ledit plan sont sensiblement sans

effet sur ces mêmes signaux déviés vers ou depuis cette visée d'auto-compensation et d'effet réduit dans les directions de visée voisines.

4. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque pavé comporte au moins une portion centrale, unique
- 5 pour un canal donné et un sens de trajet, reliée par des moyens de regroupement et/ou éclatement d'une part en amont sur le trajet à au moins un point de réception des signaux et d'autre part en aval à au moins un point d'émission des signaux et en ce que des moyens pour appliquer les déphasages et ou retard entre les points d'émission et de réception afin
- 10 d'assurer la déviation sont appliqués sur la portion centrale pour ce qui concerne le retard et le déphasage commun et sur les branches pour ce qui concerne le retard et ou déphasage différentiel.

5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de faire varier les déphasages et/ou retards
- 15 appliqués sur les différents trajets.

6. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'au moins une partie des moyens de liaison entre le ou les points de réception et le ou les points d'émission est commune à différents canaux et en ce que des moyens permettant de discriminer ces différents canaux sont disposés au
- 20 niveau d'au moins une jonction entre une portion de trajet commun et des portions de trajets spécifiques.

7. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'antenne comporte des moyens pour translater la fréquence des signaux lors de leur déviation, pour au moins un canal et un trajet.

- 25 8. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que pour au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent la même fréquence avant et après l'antenne.

9. Système selon les revendications 3 et 8 prises en combinaison, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal
- 30 selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, l'incidence d'autocompensation est égale à l'incidence de la direction d'illumination.

10. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que, pour au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent une fréquence distincte avant et après l'antenne et en ce que la fréquence de translation utilisée n'est pas issue de signaux reçus sur une des faces du pavé.

5 11. Système selon les revendications 3 et 10 en combinaison, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, le cosinus de l'incidence de la visée d'autocompensation et le cosinus de l'incidence
10 de la direction d'illumination sont sensiblement dans le rapport des fréquences centrales du canal côté illumination et côté terre.

12. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que selon au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent une fréquence distincte avant et après l'antenne et en ce que la fréquence de translation
15 est issue d'un signal de translation dit externe reçu par une face du pavé.

13. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que selon au moins un canal et au moins un trajet, les signaux utilisent une fréquence distincte avant et après l'antenne et en ce que la translation de fréquence résulte ou est équivalente à deux translations consécutives, dont une qui
20 est dite externe et dont la fréquence de translation, appelée F_e , est issue d'un signal de translation externe reçu par une face du pavé et dont l'autre qui est dite interne et qui est de fréquence de translation F_i , est sans référence à un signal reçu par l'une ou l'autre des faces du pavé.

14. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que les
25 moyens illuminateurs comportent une pluralité de sous-ensembles illuminateurs et en ce que différents signaux d'un même canal émis vers la pluralité des sous-ensembles illuminateurs ou issus de celle-ci se répartissent entre la terre et l'antenne selon une pluralité de faisceaux d'émission et/ou de réception dont la géométrie angulaire vue de l'antenne
30 correspond sensiblement à la géométrie angulaire relative selon laquelle sont vus depuis l'antenne les différents sous-ensembles illuminant ce canal, cette géométrie étant le cas échéant modifiée par une anisotropie.

15. Système selon la revendication 407, caractérisé en ce que les moyens illuminateurs comportent une pluralité de sous-ensembles illuminateurs et en ce que, pour un canal donné pour lequel l'antenne met en œuvre une translation de fréquence, les différents signaux émis vers la pluralité des sous-ensembles illuminateurs ou issus de celle-ci se répartissent selon une pluralité de faisceaux d'émission et/ou de réception vers la terre dont la géométrie angulaire vue de l'antenne correspond sensiblement à la géométrie angulaire relative selon laquelle sont vus depuis l'antenne les différents sous-ensembles illuminant ce canal, après multiplication de tous les écarts angulaires par le rapport des fréquences centrales du canal côté illuminateur et côté terre, cette géométrie étant le cas échéant modifiée par une anisotropie.

16. Système selon les revendications 12 ou 13, éventuellement prises en combinaison avec la revendication 15, caractérisé en ce que le signal de translation externe utilisé selon au moins un canal est émis par les moyens illuminateurs et reçu par la face de l'antenne qui est du côté de l'illumination, et en ce que dans le cas où les moyens illuminateurs sont répartis en sous-ensembles illuminateurs le signal de translation externe est émis par un sous-ensemble appelé foyer, éventuellement limité à cette fonction.

17. Système selon les revendications 3 et 16, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs émettent des signaux vers l'antenne tout en émettant le signal de translation externe, le cosinus de l'incidence d'autocompensation et le cosinus de l'incidence de la direction d'illumination sont sensiblement dans le rapport $(f + F - F_e) / f$ où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe, et F est la totalité de la translation de fréquence, et en ce que dans le cas où les moyens d'illumination sont répartis en sous-ensembles, l'écart d'incidence entre l'illumination considérée et le foyer est sensiblement reproduit dans l'écart entre les incidences d'autocompensation correspondant à l'illumination et celles qui correspondraient au foyer, moyennant les termes multiplicatifs $(f+F/f)$ et $(\sin(\phi_1)/\sin(\phi_2))$ où ϕ_1 est l'angle d'incidence d'illumination du

foyer et $\phi 2$ l'angle d'incidence d'autocompensation qui en résulterait si le foyer émettait.

18. Système selon la revendication 17, caractérisé en ce que F_e et F sont de même signe, c'est à dire portent sur des changements de fréquence
5 de même sens.

19. Système selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce qu'un signal de translation externe utilisé selon au moins un canal à la réception est reçu par la face du pavé selon laquelle se fait la réception et est émis d'un point sol appelé foyer sol.

10 20. Système selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce qu'un signal de translation externe utilisé selon au moins un canal à la réception est reçu par la face du pavé selon laquelle se fait la réception et est émis par au moins un satellite sensiblement sur la même orbite que l'antenne et les moyens illuminateurs, ce satellite étant disposé par rapport
15 à l'antenne du côté opposé aux moyens illuminateurs, les moyens d'émission du signal étant appelés foyer opposé.

21. Système selon la revendication 3 prise en combinaison avec l'une des revendications 19 ou 20, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs
20 reçoivent des signaux, l'angle de l'incidence d'autocompensation est sensiblement égal à $\phi 2 + (\cos(\phi 2) (f + F_e) - \cos(\phi 1) (F + f)) / \sin(\phi 2) f$ où $\phi 1$ et $\phi 2$ sont l'angle d'incidence de la direction d'illumination et celui du signal de translation externe, f la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe, et F est la totalité de la translation de fréquence,.

25 22. Système selon la revendication 21, caractérisé en ce que F_e et F sont de même signe, c'est à dire portent sur des changements de fréquence de même sens.

23. Système selon les revendications 12, 18, 19 et 22 prises en combinaison, caractérisé en ce que pour au moins un canal utilisé à
30 l'émission et à la réception, la fréquence F_e est égale à la fréquence F pour les deux trajets et au moins un foyer sol est au voisinage d'une visée d'autocompensation d'émission correspondant à ces moyens illuminateurs.

24. Système selon les revendications 18 et 22 prises en combinaison avec l'un des revendications 19 ou 20, caractérisé en ce que pour au moins un canal utilisé à l'émission et à la réception, l'attitude de l'antenne, ainsi que les fréquences F_i et F_e à la fois à l'émission et à la réception, sont
5 telles que les visées d'autocompensation sont identiques sur les deux trajets en dépit du non-alignement du foyer opposé avec les moyens illuminateurs utilisés en réception, ou en dépit de l'éloignement entre le foyer sol et le centre de la zone à couvrir.

25. Système selon les revendications 3 et 16 en combinaison,
10 caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, la translation de fréquence F_e se fait à partir du signal externe reçu par la face d'illumination et l'incidence d'autocompensation est telle que $\cos(\phi_2)/\cos(\phi_1) = (f + F_e + F)/f$ où ϕ_1 et ϕ_2 sont l'angle d'incidence de la
15 direction d'illumination et l'angle de l'incidence d'autocompensation, f étant la fréquence côté terre, F_e la valeur de la translation externe, F la totalité de la translation de fréquence.

26. Système selon la revendication 25, caractérisé en ce que F_e et F sont de signes contraires, c'est à dire que la translation externe F_e est de
20 sens opposé à la translation totale F .

27. Système selon la revendication 26, caractérisé en ce que pour au moins un canal utilisé à la réception $|F_e| = |F|$ et $F_i = 2|F|$.

28. Système selon les revendications 18 et 26 en combinaison, caractérisé en ce que, pour au moins un canal utilisé à l'émission et à la
25 réception, $|F_e| = |F|$ et $F_i = 2|F|$ pour la réception et $F_e = F$ pour l'émission et en ce que les visées d'autocompensation sont sensiblement identiques sur les deux trajets.

29. Système selon les revendications 3 et 16 prises en combinaison, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal,
30 selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, la translation F_e se fait à partir du signal externe reçu par la face d'illumination et est de même sens que la translation totale F , en ce que $F = F_e$ et en ce

que l'incidence d'autocompensation est donnée par $\phi_2 - \phi_1 = -2 \operatorname{Ctg}(\phi_1) F/f$ où ϕ_1 et ϕ_2 sont l'angle d'incidence de la direction d'illumination et l'angle de l'incidence d'autocompensation f étant la fréquence côté terre, F la valeur de la translation, F la totalité de la translation de fréquence.

5 30. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'attitude de l'antenne est telle que l'écart angulaire entre l'ensemble des visées possibles et les visées d'auto-compensation soit globalement minimisé.

 31. Système selon la revendication 3 prise en combinaison avec l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que l'attitude et la ou
10 les fréquences de translation F_e ou F_i sont telles que l'écart angulaire entre l'ensemble des visées possibles et les visées d'auto-compensation soit globalement minimisé.

 32. Système selon les revendications 3 prise en combinaison avec l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que l'attitude et la ou
15 les fréquences de translation F_e ou F_i sont telles que les résidus d'autocompensation soient répartis sur les deux trajets.

 33. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'antenne comporte des moyens pour mettre en œuvre des translations de fréquences différentes sur les signaux radio-fréquence émis ou reçus selon des canaux
20 distincts.

 34. Système selon les revendications 1 et 5 prises en combinaison, caractérisé en ce que les moyens de déphasage et/ou retard sont commandés de façon à maintenir inchangé l'orientation dans le repère lié à l'antenne d'un faisceau correspondant à un canal en dépit des modifications
25 de l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'illumination utilisée par le faisceau.

 35. Système selon la revendication 34 prise en combinaison avec l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que les moyens de déphasage et/ou retard sont commandés de façon à maintenir inchangée
30 l'orientation dans le repère lié à l'antenne d'une direction de faisceau éventuellement virtuel correspondant à une direction d'illumination

éventuellement virtuelle repérée par rapport aux directions d'illumination d'un canal.

36. Système selon la revendication 35 prise en combinaison avec la revendication 4, caractérisé en ce que la direction du faisceau, éventuellement virtuel, sur lequel porte la compensation est choisie de manière à minimiser l'écart angulaire maximal entre ce faisceau et le faisceau ou l'ensemble des faisceaux du canal et en ce que le pas, compté à la longueur d'onde de la fréquence centrale du canal côté terre, entre les points centraux utilisés par le canal est établi en fonction de cet écart angulaire maximal et du niveau tolérable des lobes de sous-réseaux accompagnant le ou les faisceaux du canal.

37. Système selon la revendication 34, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour commander les moyens de déphasage et/ou de retard de façon à maintenir inchangée la direction dans le repère terrestre d'au moins un faisceau d'au moins un canal en dépit des modifications d'attitude de l'antenne et des modifications qui en résultent concernant l'orientation dans le repère lié à l'antenne des directions d'illuminations.

38. Système selon la revendication 34, caractérisé en ce que le satellite qui porte l'antenne et au moins un satellite portant des moyens d'illumination comportent des moyens pour déterminer l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'illumination.

39. Système selon la revendication 34, caractérisé en ce que le satellite qui porte l'antenne et au moins un satellite portant des moyens d'illumination comportent des moyens pour déterminer l'orientation dans le repère terrestre de l'axe les joignant.

40. Système selon les revendications 38 et 39 prises en combinaison, caractérisé en ce que l'orientation de la direction d'illumination dans le repère lié à l'antenne est déterminé à partir de la connaissance de l'attitude de l'antenne et de l'orientation dans le repère terrestre de l'axe les joignant.

41. Système selon la revendication 38, caractérisé en ce que l'antenne comporte des moyens pour comparer les phases et/ou retards d'au moins un signal émis par les moyens illuminateurs et reçu en différents

points de l'antenne et des moyens pour déterminer en fonction de cette comparaison l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'arrivée du ou des signaux.

42. Système selon les revendications 39 et 41 prises en
5 combinaison, caractérisé en ce que l'attitude en lacet et/ou tangage de l'antenne est déterminée à partir de la connaissance de l'orientation dans le repère lié à l'antenne de la direction d'arrivée du ou des signaux et de l'orientation dans le repère terrestre de cette direction d'arrivée.

43. Système selon la revendication 39, caractérisé en ce qu'un
10 satellite qui porte des moyens illuminateurs comporte des moyens pour se localiser ou des moyens de réception de signaux de radiolocalisation, ainsi que des moyens pour transmettre les informations de localisation ou les signaux de radiolocalisation qu'elle reçoit au satellite qui porte l'antenne, ce dernier comportant des moyens pour déterminer en fonction notamment de
15 ces informations l'orientation dans le repère terrestre de l'axe joignant les deux satellites.

44. Système selon les revendications 35 et 41 prises en
combinaison, caractérisé en ce que la direction d'illumination virtuelle repérée est celle d'un sous-ensemble illuminateur qui émet le signal de
20 mesure, et en ce que la mesure donne directement l'information nécessaire à la compensation.

45. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que des sous-ensembles illuminateurs sont sur un même satellite.

46. Système selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en
25 ce que des sous-ensembles illuminateurs sont décalés les uns par rapport aux autres sur une orbite commune.

47. Système selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que des orbites de sous-ensembles illuminateurs présentent des écarts d'ellipticité et/ou de plan d'orbite.

30 48. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que sur un retard de portion centrale transite ensemble au moins un canal et la raie de translation, ou une référence qui permet de la créer, utilisée pour baisser la

fréquence du ou des canaux en aval du retard, de façon à limiter les impacts des imperfections du retard sur la phase du signal dévié.

49. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'une translation descendante est réalisée sur un canal ou plusieurs canaux en
5 amont du retard de portion centrale.

50. Système selon la revendication 49, caractérisé en ce qu'une telle translation descendante est suivie d'une translation montante après le retard utilisant une référence n'ayant pas subi ce retard, de façon à limiter les impacts des imperfections du retard sur la phase du signal dévié.

10 51. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que le retard sur la portion centrale est commun à au moins deux canaux sur au moins un sens de trajet.

52. Système selon les revendications 6 et 7, caractérisé en ce que la translation de fréquence est réalisée, sur au moins un canal et un trajet,
15 dans la portion centrale.

53. Système selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que, dans une application à la transmission de télécommunications, il comporte une pluralité de canaux, ainsi qu'une pluralité de sous-ensembles illuminateurs, la mosaïque des faisceaux au sol étant constituée par le motif
20 fin généré par l'antenne du fait de la géométrie angulaire selon laquelle les sous-ensembles illuminateurs sont vus par celle-ci, répété selon un motif large qui est généré par l'antenne du fait des différents canaux.

54. Système selon les revendications 53 et 47, caractérisé en ce que les sous-ensembles illuminateurs illuminant un même canal sont vus de
25 l'antenne suivant une géométrie angulaire relative stable à l'exception d'une rotation sur elle-même à la période orbitale et en ce que la pluralité de directions assurée par le motif large du canal précessionne grâce aux moyens de déphasage et/ou retard autour d'une direction centrale et ce en phase avec la rotation du motif fin de façon à ce que la mosaïque
30 d'ensemble des faisceaux garde une structure stable, mise à part une rotation sur elle-même à l'échelle orbitale.

55. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'orbite des satellites est une orbite basse et en ce que l'antenne s'étend

sensiblement dans un plan qui passe par le centre de la terre, en ce qu'un décalage du plan par rapport au plan d'orbite permet l'illumination sur une face, en ce que sur l'autre face au moins un des faisceaux est dépointé pour voir la terre.

5 56. Système selon la revendications 55 prise en combinaison avec la revendication 46, caractérisé en ce que les déphasages et les retards sont tels que le décalage des sous-ensembles illuminateurs se traduit par des faisceaux à empreintes au sol décalées transversalement par rapport à la trace.

10 57. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins deux satellites antenne utilisent des moyens illuminateurs communs.

 58. Système selon la revendication 57, caractérisé en ce qu'au moins deux satellites antennes sont situés d'un même côté, le long de l'orbite, des moyens illuminateurs, et en ce qu'ils sont décalés sur la même orbite ou
15 sont décalés en ellipticité et/ou plan d'orbite.

 59. Système selon la revendication 57, caractérisé en ce qu'au moins deux satellites antennes sont de part et d'autre des moyens illuminateurs.

 60. Système selon l'une des revendications 57 à 59, caractérisé en ce qu'un satellite antenne porte des moyens illuminateurs destinés à un
20 autre satellite antenne.

 61. Système selon la revendication 60, caractérisé en ce qu'un satellite prisme porte des moyens illuminateurs destinés à un autre satellite prisme et est illuminé par des moyens illuminateurs portés par un satellite prisme.

25 62. Système selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que l'axe normal à l'antenne est sensiblement dans le plan de l'orbite, le tangage étant tel que le cône de visée d'auto-compensation rencontre la terre selon une ligne d'auto-compensation s'étirant globalement transversalement à l'orbite et en ce que le déplacement au sol,
30 sensiblement le long de la projection de l'orbite, de la ligne d'auto-compensation est réalisé par le déplacement du satellite et/ou par le changement du tangage de l'axe d'antenne et/ou le changement de la fréquence de translation dans le cas où celle-ci est assurée au moins par un

signal interne, ces trois moyens pouvant être utilisés séparément ou en combinaison.

63. Système selon la revendication 62, caractérisé en ce que les visées sol sont réparties en fauchée le long de la ligne d'auto-compensation
5 de sorte que les contraintes de déformation de l'antenne sont très relâchées.

64. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que des moyens illuminateurs reçoivent directement de la terre des signaux également reçus via l'antenne et en ce qu'une corrélation entre les deux
10 voies d'arrivée des signaux réalise une discrimination de visée de la source de ces signaux fonction de l'angle que la direction d'arrivée des signaux fait avec l'axe antenne/moyens illuminateurs.

65. Système selon la revendication 64, caractérisé en ce que le déplacement au sol, sensiblement le long de la projection de l'orbite, de la
15 zone de visée discriminée par la corrélation est réalisée par le déplacement du satellite et/ou par le changement de l'angle de discrimination.

66. Système selon la revendication 65, caractérisé en ce que l'antenne présente dans une direction une dimension plus importante que dans les autres directions, ce qui assure pour au moins un faisceau
20 l'étroitesse de l'empreinte au sol dans une direction transversale à l'orbite.

67. Système selon les revendications 65 et 66 prises en combinaison, caractérisé en ce qu'une imagerie du sol selon deux composantes croisées est obtenue en combinant la corrélation et un balayage du faisceau.

68. Système selon les revendications 63 et 67 prises en combinaison, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour réaliser les visées au sol à partir d'un balayage électronique d'un faisceau selon une commande mono-dimensionnelle et en ce que la grande dimension de l'empreinte du faisceau, qui résulte de la petite dimension de l'antenne, est
25 le long de l'orbite et permet de recouvrir la ligne d'auto-compensation pour toutes position du faisceau, en dépit de la courbure de cette ligne et du caractère mono-dimensionnel de la commande de balayage.
30

69. Système selon la revendication 68, caractérisé en ce que l'antenne est allongée le long de l'axe tangage.

70. Système selon les revendications 67 et 55 prises en combinaison, caractérisé en ce que l'antenne est allongée le long de l'axe
5 lacet.

71. Système selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'antenne dispose de moyens pour mesurer ou reconstituer la déformée (ΔP) transversale au plan de l'antenne.

72. Système selon la revendication 71, caractérisé en ce que
10 l'antenne comporte des moyens pour comparer les phases et/ou retards d'au moins un signal émis par les moyens illuminateurs et reçu en différents points de l'antenne et des moyens pour déterminer en fonction de cette comparaison la déformée (ΔP) transversale au plan de l'antenne.

73 Système selon les revendications 3, 5, 8 et 71, caractérisé en ce
15 que pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, une correction de déformée est réalisée par variation du déphasage de valeur ΔP ($2\pi f/C$) ($\cos(\phi_2) - \cos(\phi_1)$) au niveau d'au moins une des portions centrales, où ϕ_1 est l'angle
20 d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, f est la fréquence coté terre et coté illumination, et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales.

74 Système selon les revendications 3, 5, 10 et 71, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal selon
25 laquelle des moyens illuminateurs émettent et/ou reçoivent des signaux vers et depuis l'antenne et au moins un sens de trajet, une correction de déformée est réalisée par variation du déphasage de valeur ΔP ($2\pi/C$) ($f_2 \cos(\phi_2) - f_1 \cos(\phi_1)$) au niveau d'au moins une des portions centrales, où ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction
30 visée, f_2 et f_1 sont les fréquences coté terre et coté illumination, et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales.

75. Système selon les revendications 3, 5, 16 et 71, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs émettent des signaux vers l'antenne, une correction de déformées est réalisée par variation du déphasage de ΔP $(2\pi/C) (f \cos(\phi_2) - (f + F) \cos(\phi_1) + F_e \cos(\phi'_1))$ au niveau d'au moins une des portions centrales, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_1 est celui de la direction du foyer, ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales.

76. Système selon les revendications 3, 5, 16 et 71, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, une correction de déformée est réalisée au niveau d'au moins une des portions centrales par variation du déphasage de ΔP $(2\pi/C) (f \cos(\phi_2) - (f + F) \cos(\phi_1) - F_e \cos(\phi'_1))$, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_1 est celui de la direction du foyer et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales.

77. Système selon les revendications 3, 5 et 71, prises en combinaison avec l'une des revendications 19 ou 20, caractérisé en ce que pour une direction d'illumination d'au moins un canal, selon laquelle des moyens illuminateurs reçoivent des signaux, une correction de déformée est réalisée au niveau d'au moins une des portions centrales par variation du déphasage de ΔP $(2\pi/C) (f \cos(\phi_2) + F_e \cos(\phi'_2) - (f + F) \cos(\phi_1))$, où f est la fréquence côté terre, F_e est la valeur de la translation externe comptée de même signe que F si les changements de fréquence sont dans le même sens, F est la totalité de la translation de fréquence, ϕ_1 est l'angle d'incidence de l'illumination, ϕ_2 est celui de la direction visée, ϕ'_2 est celui

de la direction du foyer sol ou du foyer opposé et ΔP est la valeur de déformée transversale au niveau à chacune des portions centrales.

1 / 3

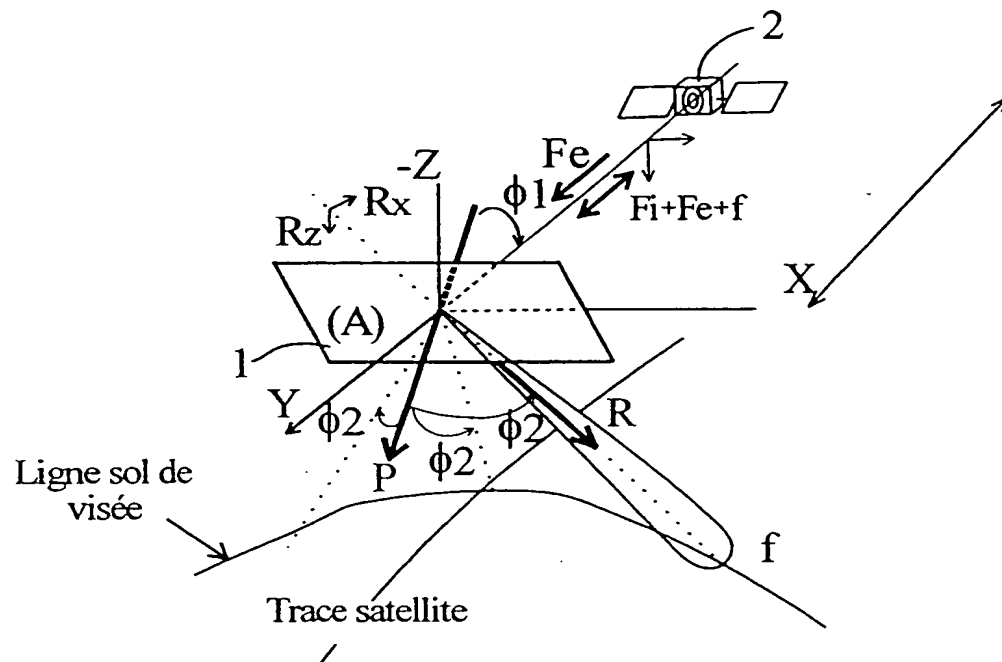


FIG. 1

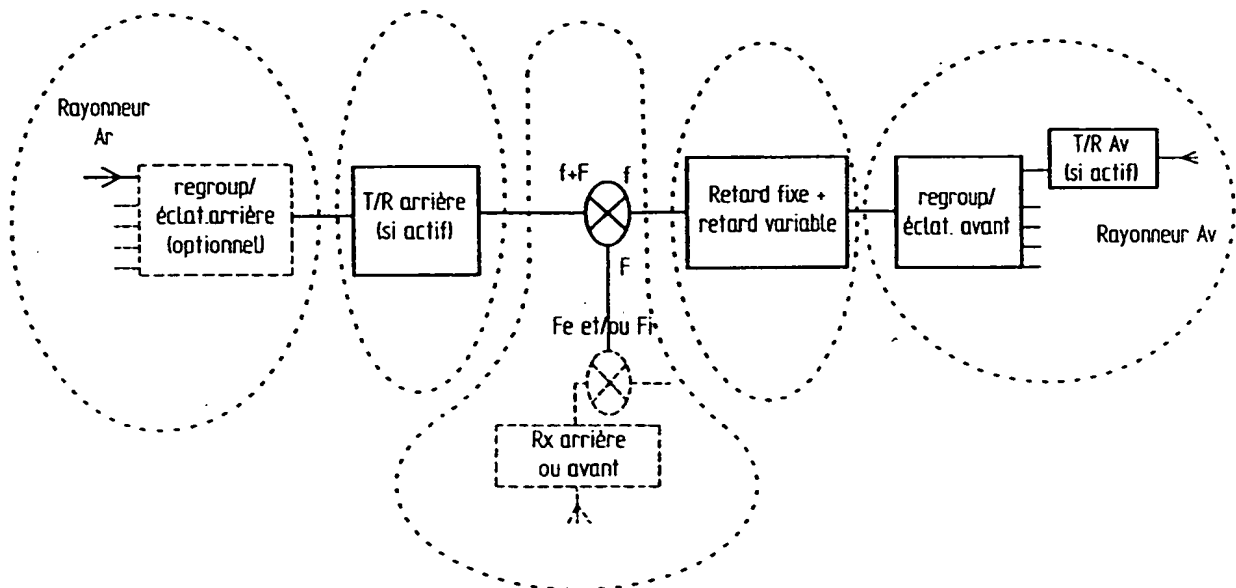


FIG. 2

2 / 3

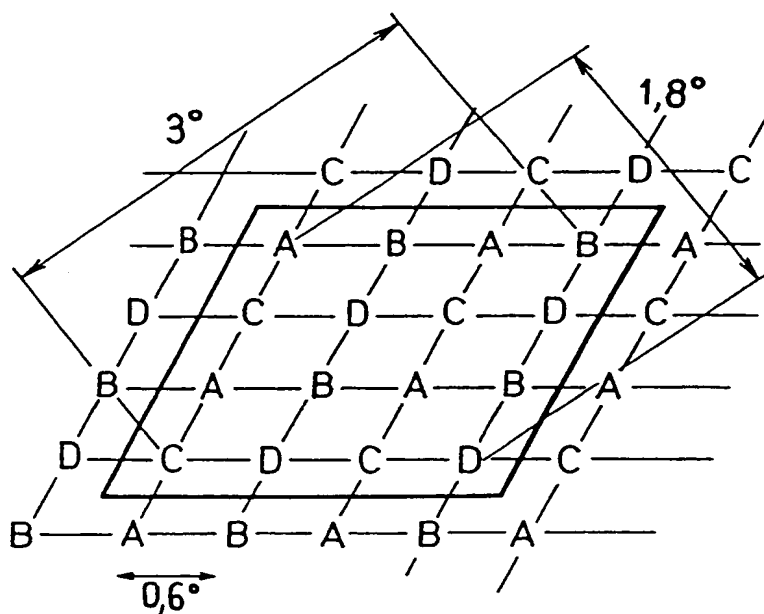


FIG. 3

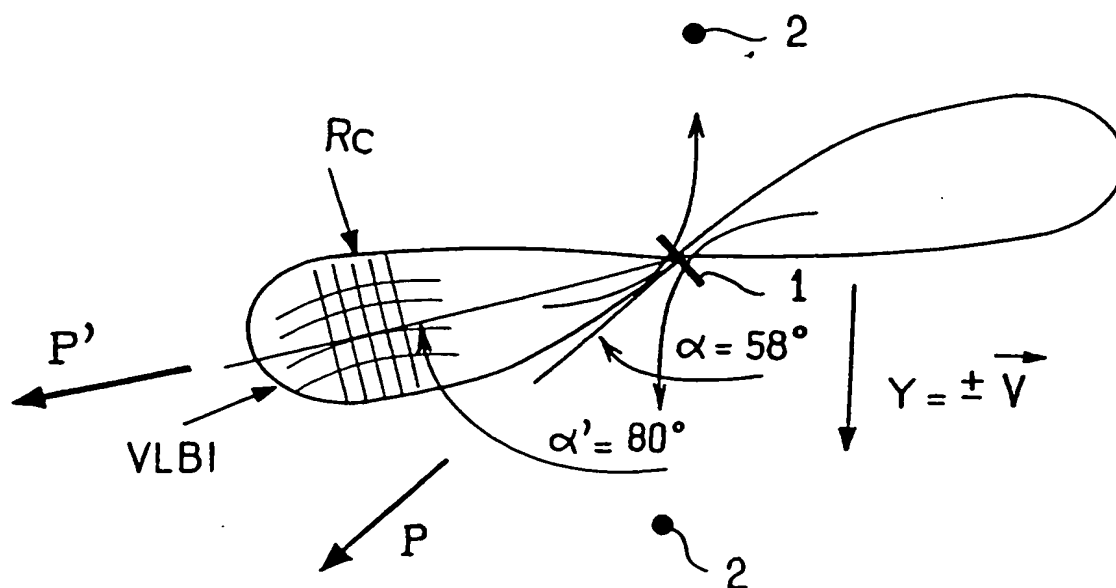
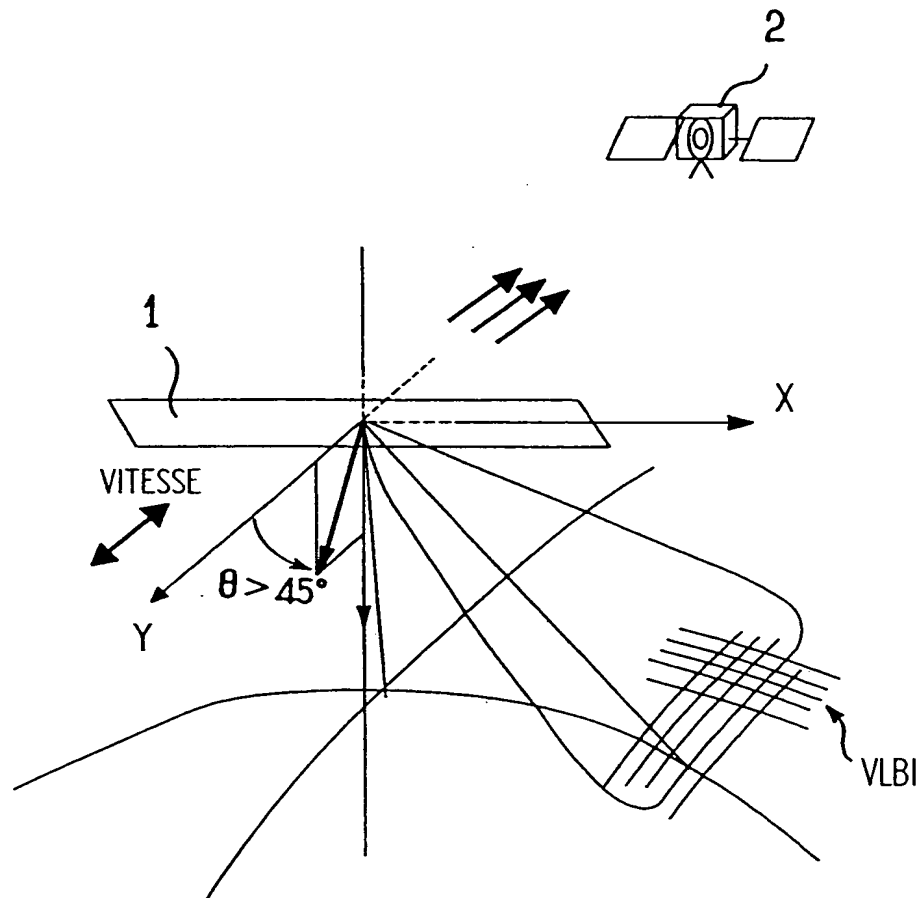


FIG. 4

3 / 3

FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No

PCT/FR 00/01803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01Q1/28 H04B7/185 H04B7/204 H04B7/212

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 714 778 A (AEROSPATIALE) 7 July 1995 (1995-07-07)	1,2
A	abstract; claims 1-14; figures 1-3	3-77
X	FR 2 737 627 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE) 7 February 1997 (1997-02-07)	1,2
A	abstract; claims 1-10; figures 2,3	3-77
X	EP 0 771 085 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE) 2 May 1997 (1997-05-02)	1,2
A	abstract; claims 1-16; figures 2A-10	3-77
X	GB 2 134 353 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC) 8 August 1984 (1984-08-08)	1,2
A	the whole document	3-77



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2000

Date of mailing of the international search report

21/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angrabeit, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01803

Patent document cited in search report		Publication date	Pat nt family member(s)	Publication date
FR 2714778	A	07-07-1995	US 5615407 A	25-03-1997
FR 2737627	A	07-02-1997	CA 2182444 A	03-02-1997
			JP 9121184 A	06-05-1997
			US 5839053 A	17-11-1998
EP 0771085	A	02-05-1997	FR 2729025 A	05-07-1996
			CA 2166366 A	03-07-1996
			CA 2193573 A	03-07-1996
			EP 0720308 A	03-07-1996
			JP 10004377 A	06-01-1998
			JP 8265240 A	11-10-1996
			US 5765098 A	09-06-1998
GB 2134353	A	08-08-1984	FR 2539102 A	13-07-1984
			US 4691882 A	08-09-1987

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demr Internationale No

PCT/FR 00/01803

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01Q1/28 H04B7/185 H04B7/204 H04B7/212

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01Q H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 714 778 A (AEROSPATIALE)	1,2
A	7 juillet 1995 (1995-07-07) abrégé; revendications 1-14; figures 1-3	3-77
X	FR 2 737 627 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE)	1,2
A	7 février 1997 (1997-02-07) abrégé; revendications 1-10; figures 2,3	3-77
X	EP 0 771 085 A (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE) 2 mai 1997 (1997-05-02)	1,2
A	abrégé; revendications 1-16; figures 2A-10	3-77
X	GB 2 134 353 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC)	1,2
A	8 août 1984 (1984-08-08) le document en entier	3-77

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 septembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/09/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Angrabeit, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem. Internationale No

PCT/FR 00/01803

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2714778 A	07-07-1995	US 5615407 A	25-03-1997
FR 2737627 A	07-02-1997	CA 2182444 A	03-02-1997
		JP 9121184 A	06-05-1997
		US 5839053 A	17-11-1998
EP 0771085 A	02-05-1997	FR 2729025 A	05-07-1996
		CA 2166366 A	03-07-1996
		CA 2193573 A	03-07-1996
		EP 0720308 A	03-07-1996
		JP 10004377 A	06-01-1998
		JP 8265240 A	11-10-1996
		US 5765098 A	09-06-1998
GB 2134353 A	08-08-1984	FR 2539102 A	13-07-1984
		US 4691882 A	08-09-1987